



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Anne Kuulas

HULEVESIEN HALLINNAN PERUSTEET JA SOVELTAMINEN VAASASSA

Tekniikka
2018

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Anne Kuulas
Opinnäytetyön nimi	Hulevesien hallinnan perusteet ja soveltaminen Vaasassa
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	74 + 2 liitettä
Ohjaaja	Vesa-Matti Honkanen

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan kaupungin kaavoituksen toimeksiannosta. Työ tukee valmisteilla olevaa Vaasan kaupungin hulevesiohjelmaa esittäen esimerkkejä käytännön hulevesien hallintaan paikallisten tarpeiden ja tavoitteiden mukaisesti. Toteutusesimerkeillä havainnollistetaan ratkaisumalleja tulevalle suunnittelutyölle hulevesien hallinnasta vastaaville tahoille. Esimerkeissä lähtökohtana oli maisemarakenneteorian soveltaminen, mikä on myös yleis- ja asemakaavojen perusta Vaasassa. Strategisen kehittämisen tueksi työssä on esitetty myös muita hulevesien hallinnan keskeisiä perusteita. Hulevesien hallinnan kehittämistarve perustuu ilmastonmuutokseen, kaupunkirakenteen tiivistymiseen, sekä näiden perusteella muutetun maankäyttö- ja rakennuslain vaatimuksiin.

Työn tavoitteena on kehittää avoimia hulevesirakenteita osana hulevesien kokonaishallintaa. Tarkastelukohteiksi on otettu niin kaupungin yleiset alueet kuin kiinteistötkin. Kiinteistöjen kohdalla tarkastelu kohdennettiin tiiviiseen keskustaan ja laajoille kiinteistöille, missä voidaan saavuttaa merkittävin vaikuttavuus. Lainsäädännön asettamien vaatimusten ohella malliratkaisujen valinnassa on otettu huomioon Suomen ilmasto-olosuhteet sekä soveltuvuus paikallisiin olosuhteisiin. Lisäksi on arvioitu ratkaisujen vaikuttavuutta ja kokonaistaloudellisuutta. Työssä on tuotu esiin myös erilaisia suunnittelussa huomioitavia asioita, jotka vaikuttavat esimerkiksi rakenteilla saavutettaviin kaupunkikuvallisiin ja virkistyskäyttöisiin hyötyihin. Käytännön toteutusesimerkit ja suunnitteluperiaatteet tukeutuvat kuntaliiton laatimaan hulevesioppaaseen, kaupunkien jo aiemmin laatimiin hulevesiohjelmiin ja -strategioihin, sekä toteutettujen hankkeiden yhteydessä laadittuihin selvityksiin.

Kokonaisvaltainen lähestymistapa on edellytys onnistuneelle hulevesien hallinnalle taajamissa. Monialaisen yhteistyön edellytykset suunnittelussa ja toteutuksessa tulee sen vuoksi turvata jo aikaisessa vaiheessa. Näillä toimilla voidaan ehkäistä uusien hulevesiriskialueiden muodostumista. Sovellettaessa maankäyttö- ja rakennuslain mukaista prioriteettijärjestystä, kohdealueilla on saavutettavissa suurin vaikuttavuus niin hulevesien muodostumisen ehkäisyssä, kuin niiden hallinnassakin.

Avainsanat	Hulevesi, hulevesien hallinta, kiinteistökohtainen hulevesien hallinta, avoimet rakenteet, maankäytön suunnittelu
------------	---

ABSTRACT

Author	Anne Kuulas
Title	Stormwater Management Principles and application in the City of Vaasa
Year	2018
Language	Finnish
Pages	74 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Vesa-Matti Honkanen

The objective of the thesis was to find and propose adequate stormwater management solutions for different land use areas in the City of Vaasa for different actors contributing to stormwater management. The thesis will therefore support the ongoing process of stormwater management program in the City of Vaasa by bringing up a practical approach and presenting solutions in a land use based context. The thesis proposes open stormwater management solutions both for private properties and public areas. The most important solution qualities that were assessed were related to local conditions in Vaasa, Finnish climate, cost-benefit comparison and effectiveness of the solutions.

Principles of stormwater management were introduced to support the strategic development. The climate change, densification of the city structure and the change in Land Use and Building Act based on these phenomena were introduced as the principles for strategic development. At a theoretical level Landscape Structure Theory was used as a background for stormwater management planning. This connects stormwater management to land use planning in the City of Vaasa which is strongly relying on this theory. Solutions were suggested according to the Land Use and Building Act. Practical solution examples were found in the Stormwater management guide published by LocalFinland, stormwater management strategies and other reports made during different projects.

As a conclusion, solutions were proposed for adequate land use areas according to the priority order introduced in the Land Use and Building Act. The main focus was put on the dense city center, large properties and public areas. The role of stormwater management as a part of planning process must be secured in the future city planning, and the foundations of co-operation between different departments in the organization must be established. This will help to prevent the development of new stormwater risk areas.

Keywords	Stormwater, stormwater management, open stormwater solutions, local stormwater management, land use planning
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

JOHDANTO	9
1 MAANKÄYTTÖ - JA RAKENNUSLAKI	10
1.1 Suomalainen maankäytön suunnittelujärjestelmä.....	10
1.2 Hulevesien hallintaa koskevat erityismääräykset	11
2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY	13
2.1 Vaasan kaupungin tekninen toimi.....	13
2.2 Kaavoitus osana teknistä toimea.....	14
3 HULEVESIEN HALLINNAN TAUSTAA	15
3.1 Ilmastonmuutos.....	15
3.2 Tiivistyvä kaupunkirakenne.....	16
3.3 Maankäyttö- ja rakennuslain muutos	17
4 HULEVESIEN HALLINTA JA PAIKALLISUUS	18
4.1 Valuma-aluealähtöinen hulevesien hallinta.....	19
4.2 Vesitase ja sen muutokset urbaanissa ympäristössä	19
4.3 Paikallinen hulevesien hallinta ja paikalliset olosuhteet.....	21
4.4 Vihertehokkuus – työkalu hulevesien hallinnan tueksi	22
5 HULEVESIJÄRJESTELMÄN MÄÄRITELMÄ	25
5.1 Hulevesiviemäriverkosto	26
5.2 Avoimet rakenteet.....	26
5.3 Hulevesien hallinnan prioriteettijärjestys	27
6 HULEVESIEN HALLINTA VAASASSA.....	31
6.1 Nykytila.....	31
6.2 Hulevesien hallinnan tavoitteet.....	35
7 HULEVESIEN HALLINNAN KEHITTÄMINEN VAASASSA	38
7.1 Hulevesien hallinnan suunnitteluprosessi	38
7.2 Hulevesien hallinnan vaikutusalue	41
7.3 Erilliskysymykset.....	42
7.3.1 Avoimien rakenteiden edistäminen.....	42

7.3.2	Hulevesi resurssina.....	44
7.3.3	Talviolosuhteiden vaikutukset	46
7.4	Rakenteiden suunnittelussa huomioitavia asioita	49
7.5	Hulevesien hallintarakenteiden esimerkkejä eri maankäytön alueille	54
7.5.1	Huleveden määrän vähentäminen	55
7.5.2	Hulevettä viivyttävät rakenteet	57
7.5.3	Hulevettä johtavat rakenteet.....	59
7.5.4	Hulevesiviemärointi avoimen rakenteen osana.....	61
7.6	Vaikuttavuuden vertailua	63
8	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	67
	LÄHTEET.....	69

LIITTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Vaasan kaupungin organisaatio (Vaasan kaupunki 2016a).	13
Kuva 2. Teknisen toimen organisaatio (Nyman 2016).	14
Kuva 3. Hydrologinen kierto rakentamattomassa ympäristössä (Salaojayhdistys 2013).	20
Kuva 4. Hulevesien hallinnan kustannuksien ja keinojen suhde etäisyyteen hulevesien syntypaikasta (Ilmastonkestävä kaupunki 2013).	22
Kuva 5. Hulevesijärjestelmän osat (RTS 17:27 Hulevesirakenteet mukaan).	25
Kuva 6. Tampereella sovellettu prioriteettijärjestys ja sen vaiheiden sijoittuminen edellä kuvattuun, laissa esitettyyn prioriteettijärjestykseen (Tampereen kaupunki 2012 mukaan).	30
Kuva 7. Vaasan maisemarakenne (Vaasan kaupunki 2010).	33
Kuva 8. Vaasan keskustan hulevesitulva-alueet (Vaasan kaupunki 2018).	34
Kuva 9. Hulevesien hallinnan suunnitteluprosessin hierarkia.	39
Kuva 10. Hulevesien hallinnan suunnittelu valuma-alueittain (Kangasalan kunta 2014)	40
Kuva 11. Tampereen Vuorekseen suunniteltu kaupunkitulvia ehkäisevä, kiinteistökohtaiset ratkaisut alueelliseen järjestelmään yhdistävä kokonaisuus (Hyöty 2008).	41
Kuva 12. Lähelle rakennuksia perustettu lammikko (Rättyä 2015).	45
Kuva 13a ja 13b. Hulevesien hyödyntämistä (Kuvat: PicBon, Outi Tahvonen).	45
Kuva 14. Avoimien rakenteiden soveltuvuus talviolosuhteisiin (Suomen kuntaliitto 2012).	47
Kuva 15. Hulevesiä johtava ja viivyttävä painanne (Ilmastonkestävä kaupunki 2014a).	49
Kuva 16a ja 16b. Kuiva hulevesiuoma (PicBon, Lähde).	50
Kuva 17. Hulevesirakenne, joka ovat myös kuivana virkistysellinen elementti (Vento 2015).	51
Kuva 18a, 18b, 18c ja 18d. Kasvillisuuden ja veden kontakti huomioituna (kuvat 18a ja 18b) sekä veden ja kasvillisuuden erottaminen (kuvat 18c ja 18d) (Wahlroos 2018, Ilmastonkestävä kaupunki 2014a, Helsingin kaupunki 2018c, Wahlroos 2018).	52

Kuva 19a ja 19b. Esimerkkejä vesiaiheista, esimerkki 19a huonosti toteutettu (Wahlroos 2018, Halonen 2016).	53
Kuva 20. Ylivuotokaivo sijoitettuna hankalaan paikkaan (Wahlroos 2018).	53
Kuva 21. Lämpäisevää pintaa sovellettuna kerrostaloalueella (Ariluoma 2018).	55
Kuva 22. Lämpäisevää pintaa soran ja kasvillisuuden keinoin (ekopiha.info).	56
Kuva 23. Hulevesiä vähentävä ja viivyttävä puistokokonaisuus (GHB Landskabsarkitekter).	56
Kuva 24. Laajan kiinteistön hulevesilammikko (Omaha Stormwater).	57
Kuva 25. Hulevesiä viivyttävä rakenne (Atelier Dreiseitl).	58
Kuva 26. Viivyttävä kosteikko/tulva-alue (Kuva: Picbon).	58
Kuva 27. Paikoitusalueen viherpainanne (SMC).	59
Kuva 28. Kööpenhaminaan suunniteltu tulvapainanne (Atelier Dreiseitl 2013 mukaan).	60
Kuva 29a ja 29b. Huleveden viivettä kasvattavia avo-ojia (Riekkä 2012, Sirkiä 2016).	60
Kuva 30. Avoimen hulevesiuoman ylivuotorakenne (Pöyry Oyj 2016).	61
Kuva 31. Hulevesiviemäri ja avoin rakenne (Jyväskylän kaupunki 2014).	62
Kuva 32. Hulevesien johtamista koururakenteilla viemäroitaviksi (Elo 2018).	62
 Taulukko 1. Huleveden hallintarakenteiden rakentamiskustannukset niiden kapasiteettiin nähden (Ilmastonkestävä kaupunki 2013).	 65
Taulukko 2. Hulevesien hallintarakenteiden vertailua taloudellisten ja toiminnallisten rajoitteiden näkökulmasta (Ilmastonkestävä kaupunki 2014b mukaan).	66

LIITELUETTELO**LIITE 1.** Käsiteluettelo**LIITE 2.** Vaasan kaupungin hulevesien hallinnan vaikutusalue

JOHDANTO

Tiivistyvä kaupunkirakenne, ilmastonmuutos sekä näihin ilmiöihin pohjautuva maankäyttö- ja rakennuslain muutos ovat tehneet hulevesien hallinnan kehittämisestä ajankohtaista Vaasan kaupungissa. Näiden muutoksien vaikutukset hulevesien muodostumiseen ja niiden hallintaan ovat merkittäviä minkä vuoksi ne on otettava maankäytön suunnittelun ja toteutuksen lähtökohdiksi. Suunnittelussa tulee kokonaistaloudellisuuden näkökulmasta edistää elinkaareltaan pitkäikäisiä ratkaisuja, jotka ovat kokonaisuutena toimivia näissä jatkuvasti muuttuvissa olosuhteissa.

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan kaupungin kaavoituksen toimeksiannosta. Opinnäytetyön tarkoitus on tukea valmisteilla olevaa Vaasan kaupungin strategista hulevesiohjelmaa käytännönläheisesti asettamalla hulevesien hallinta konkreettisesti maankäytölliseen kontekstiin.

Työssä on esitetty ratkaisuehdotuksia ja periaatteita tulevan suunnittelutyön ja olemassa olevaan rakennettuun ympäristöön toteutettavien rakenteiden teknisen rakentamisen tueksi. Strategisen tason tueksi esitetään hulevesien hallinnan perusteet, joihin nojaututaan laajassa mittakaavassa. Maisemarakenneteoria ohjaa Vaasan kaupungissa maankäytön suunnittelua ja siten myös hulevesien hallintaa, minkä vuoksi se on otettu työn tietoperustan lähtökohdaksi. Myös Vaasan hulevesien hallinnan nykytila ja tulevaisuuden tavoitteet olivat merkittäviä lähtötietoja.

Opinnäytetyössä esitetään maankäyttö- ja rakennuslain prioriteettijärjestyksen mukaisia ehdotuksia Vaasan kaupungin hulevesien hallintaan. Ehdotukset on kohdistettu sekä kaupungin yleisille alueille, että niille kiinteistötyypeille, joiden odotetaan olevan merkittävimmissä roolissa ongelmien ratkaisemiseksi. Hulevesien hallintarakenteiden valinnassa on otettu huomioon niiden soveltuminen paikallisiin olosuhteisiin sekä rakenteilla saavutettava ympärivuotinen hyöty. Tämän pohjalta on vertailtu eri toimien vaikuttavuutta toiminnallisten rajoitteiden ja taloudellisuuden näkökulmasta. Rakennerratkaisuissa on keskitytty käsittelemään avoimia rakenteita ja näiden rakenteiden yhdistämistä hulevesiviemärointiin.

1 MAANKÄYTTÖ - JA RAKENNUSLAKI

1.1 Suomalainen maankäytön suunnittelujärjestelmä

Kunnan tehtävänä on huolehtia alueiden käytön suunnittelusta, rakentamisen ohjauksesta ja valvonnasta alueellaan sekä maapolitiikan harjoittamisesta (L 5.2.1999/132, 20§).

Kaavoitus on usealla mittakaavalla toteutettavaa maankäytön suunnittelua, jonka toimintaa maankäyttö- ja rakennuslaki ohjaa. Kaavoitushierarkiaa ohjaavat valtioneuvoston päättämät valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet. Valtakunnalliset alueidenkäyttötavoitteet voivat koskea seuraavia asioita (L 5.2.1999/132, 22§):

- asiat joilla on maakuntaa laajempi merkitys aluerakenteen, alueiden käytön taikka liikenne tai energiaverkon kannalta;
- merkittävä vaikutus kansalliseen kulttuuri- tai luonnonperintöön; tai
- valtakunnallisesti merkittävä vaikutus ekologiseen kestävyyteen, aluerakenteeseen tai merkittävien ympäristöhaittojen välttämiseen.

Maakuntakaava esittää perusratkaisut alueiden käyttöön ja yhdyskuntarakenteen suunnitteluun. Maakuntakaava on maankäyttö- ja rakennuslain mukaiseen alueiden käytön suunnittelujärjestelmään kuuluva kuntien kaavoitusta ohjaava yleispiirteinen suunnitelma. (Vaasan kaupunki 2017a) Maakuntakaavan laatimisesta huolehtii maakunnan liitto (L 5.2.1999/132, 25§).

Yleiskaavan tarkoitus on ohjata kunnan tai sen osan yhdyskuntarakennetta ja maankäyttöä yleispiirteisesti sekä sovittaa eri toiminnot yhteen. Siinä esitetään tavoitellun kehityksen periaatteet sekä osoitetaan tarpeelliset alueet yksityiskohtaisen kaavoituksen ja suunnittelun perustaksi. Yleiskaavaa laadittaessa on huomioitava maakuntakaava. (L 5.2.1999/132, 35§)

Asemakaavatasoisen maankäytön suunnittelun tarkoituksena on alueiden käytön yksityiskohtainen järjestäminen, rakentaminen ja kehittäminen. Asemakaavassa esitetään tarpeelliset alueet eri tarkoituksia varten. Sen tarkoituksena on ohjata

rakentamista ja muuta maankäyttöä ohjaustavoitteiden edellyttämällä tavalla. (L 5.2.1999/132, 50§)

1.2 Hulevesien hallintaa koskevat erityismääräykset

Hulevesi on maanpinnalta, rakennuksien katoilta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaa sade- tai sulamisvettä (Suomen Kuntaliitto 2012, s. 10). Hulevesiä hallitaan imeyttämällä, viivyttämällä, johtamalla, viemäroimällä ja käsittelemällä. Kunnan hulevesijärjestelmä on hulevesien hallinnan kokonaisuus, joka muodostuu edellä mainituista hulevesien hallintaan tarkoitetuista rakenteista ja siihen kuuluvista alueista. Hulevesien hallintaa toteutetaan kunnan toimesta kunnan hulevesijärjestelmän vaikutusalueella eli alueella, jolla sijaitsevia kiinteistöjä kunnan hulevesijärjestelmä palvelee. (L 22.8.2014/682)

Tärkeimmät lait, joissa on säädetty hulevesien hallinnan järjestämisestä ovat maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999, MRL), vesihuoltolaki (119/2001, VHL) ja vesilaki (587/2011, VL) sekä tulvariskien hallintaa koskeva laki eli tulvariskilaki (620/2010). (Suomen kuntaliitto 2017, s.14)

Merkittävä muutos hulevesien hallintaa koskevaan lainsäädäntöön tuli voimaan 1.9.2014. Tuolloin lait sekä maankäyttö- ja rakennuslain (682/2014), että vesihuoltolain (681/2014) muuttamisesta tulivat lainvoimaisiksi. Maankäyttö- ja rakennuslakia täydennettiin uudella hulevesien hallinnan erityismääräyksillä sisältävällä luvulla 13 a.

Maankäyttö ja rakennuslain mukaiset hulevesien hallinnan yleiset tavoitteet ovat (L 22.8.2014/682, 103c§):

- hulevesien suunnitelmallisen hallinnan kehittäminen erityisesti asemakaava-alueella;
- hulevesien imeyttäminen ja viivyttäminen niiden kerääntymispaikalla;
- hulevesistä ympäristölle ja kiinteistölle aiheutuvien haittojen ja vahinkojen ehkäiseminen siten, että ilmaston muuttuminen pitkällä aikavälillä on otettu huomioon;
- edistää luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin.

Vesihuoltolain uudistuksessa huleveden viemärointi eriytettiin vesihuollon alaisuudesta ja sitä koskevat säädökset koottiin uuteen lukuun 3 a. Vesihuoltolaki käsittelee ainoastaan huleveden viemärointiä koskevaa lainsäädäntöä, muut hulevesien hallintaa ohjaavat säännökset ovat maankäyttö- ja rakennuslaissa. (Suomen kuntaliitto 2017, s.14) Uudistuneen vesihuoltolain mukaan kunta voi päättää yhdessä vesihuoltolaitoksen kanssa huleveden viemäroinnin vastuista. (L 22.8.2014/681) Vesihuoltolain uudessa luvussa 3 a säädetään hulevesien viemäroinnistä niiltä osin, kun se kuuluu vesihuoltolaitoksen vastuulle. Siinä tapauksessa, että hulevesiviemärointi kuuluu jonkin muun tahon kuin vesihuoltolaitoksen vastuulle, on myös viemärointi maankäyttö- ja rakennuslain alainen. (Rontu, Luukkonen & Hurmeranta 2015) Hulevesien johtaminen jätevesiviemäriin on kielletty uudistuneen vesihuoltolain nojalla (L 22.8.2014/681, 17 d §).

2 TOIMEKSIANTAJAN ESITTELY

2.1 Vaasan kaupungin tekninen toimi

Vaasan kaupungin organisaatio on esitetty kuvassa 1. Kunnan organisaation sisällä toimii neljä erillistä organisaatiota sekä kunnan liikelaitoksia. Kaupungin ylin päättävä toimielin on kaupunginvaltuusto. Sillä on yleinen toimivalta päättää kunnan asukkaiden yhteisistä asioista. Päättövalta kuuluu kaupunginvaltuustolle, jollei muuta ole erikseen säädetty tai valtuusto ei ole itse siirtänyt toimivaltaa kunnan muille viranomaisille. (Vaasan kaupunki 2016a)



Kuva 1. Vaasan kaupungin organisaatio (Vaasan kaupunki 2016a).

Kuvassa 2 on esitetty teknisen toimen organisaatorakenne. Teknisen toimen vastuulla on kaupungin tekninen rakenne ja palvelut. Vastuusiin kuuluu suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito. Kuvan 2 mukaisesti osa teknisen toimen alla toimivista yksiköistä on hallinnollisesti teknisen lautakunnan alla. Teknisen lautakunnan tehtävänä on asioiden valmistelu kunnanhallitukselle, mutta sillä on myös itsenäistä päätäntävaltaa. Muut teknisen toimen yksiköt kuuluvat joko rakennus- ja ympäristölautakunnan tai suunnittelujaoston alle. (Vaasan kaupunki 2016a) Kuvassa 2 näkyvistä toimijoista kaavoitus, rakennusvalvonta, ympäristötoimi, kuntatekniikka, kiinteistötoimi sekä Vaasan Vesi-liikelaitos osallistuvat hulevesien hallintaan (Vaasan kaupunki 2017b).



Kuva 2. Teknisen toimen organisaatio (Nyman 2016).

2.2 Kaavoitus osana teknistä toimea

Kaavoitus on teknisen toimen alaisuudessa toimiva hallintokunta. Sen ehdotukset viedään suunnittelujaoston päätettäväksi. Kaavoituksen päätehtävä on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen siten, että saavutetaan edellytykset hyvälle elinympäristölle ja edistetään kestävästä kehitystä sen kaikissa muodoissa (L 5.2.1999/132, 1§). Kaavoitusorganisaation vastuulla on osoittaa tietyn alueen käyttötarkoitukset ja antaa määräyksiä koskien alueiden käyttöä. (Suomen Kuntaliitto 2012, s.11) Kunnan kaavoitus laatii maankäyttöä ohjaavia yleis- ja asemakaavoja suunnittelujärjestelmän mukaisesti noudattaen lakisääteistä kaavahierarkiaa, joka kuvattiin luvussa 1.

3 HULEVESIEN HALLINNAN TAUSTAA

Ilmastonmuutos ja tiivistyvä kaupunkirakenne ovat keskeisimmät tekijät, jotka edellyttävät hulevesien hallinnan menetelmien ja keinojen kehittämistä. Osaltaan muutokseen velvoittaa myös maankäyttö- ja rakennuslakiin vuonna 2014 voimaan tulleet muutokset koskien hulevesiä ja niiden hallintaa.

3.1 Ilmastonmuutos

Ilmasto-oppaan (Ilmasto-opas 2016 ja 2017) mukaan ilmastonmuutos vaikuttaa tulevaisuudessa keskimääräistä voimakkaammin Suomen lämpötiloihin, sademääriin sekä niiden ajalliseen ja alueelliseen jakautumiseen. Nämä muutokset saavat aikaan myös valunnan äärevöitymisen sekä sen määrälliset muutokset eri vuodenaikojen välillä. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat tulevaisuudessa voimakkaimmin nähtävissä talviaikaan. Lähitulevaisuudessa talven lämpötilat jatkavat voimakasta vaihtelua. Pitkällä aikavälillä talven keskilämpötilat kasvavat. Tämän seurauksena talviset vesisateet yleistyvät ilmaston edelleen lämmitessä. Maunulan (Maunula 2010) mukaan tämä muutos kasvattaa talviaikaisen valunnan 2...4 kertaiseksi nykyiseen tasoon nähden. Sademäärien ajallinen jakautuminen muuttuu ja myös sateet painottuvat talvikuukausiin. Kesäkuukausina keskilämpötilat kasvavat ja hellejaksot pitkittyvät. Lämpötilojen kohotessa veden haihdunta tehostuu. Pitkällä aikavälillä kesävalunnan ennustetaan vähenevän, mutta muutoksen suuntaa on tässä vaiheessa vielä vaikea ennustaa. Muutoksen suunta riippuu rankkasateiden ja haihdunnan määrästä. Tämän vuoksi kesien välisissä valumaolosuhteissa voi olla suuriakin eroja. (Ilmasto-opas 2016 ja 2017)

Ilmasto-oppaan mukaan talviaikaiset tulvat tulevat lisääntyvien talvisateiden myötä olemaan tavallisia. Lumen sulamisesta aiheutuvat tulvat tulevat pitkällä aikavälillä menettämään merkitystään ilmaston lämmitessä, mutta lähivuosina lumet voivat sulaa useamman kerran talven aikana vaihtelevista lämpötiloista johtuen ja aiheuttaa tulvia. Pitkällä aikavälillä kevättulvista tulee talvitulvia ja ne tulevat enenevässä määrin johtumaan talvisista vesisateista. Keväisen lumen sulamisen aikaistuu talvivalunta kasvaa entisestään, kun taas kevätvalunta vähenee

nykyisestään. Myös syysvalunnan kasvu on odotettavissa talven alkamisen myöhästyessä.

Suurimman valunnan keskittyessä talveen ja syksyyn hulevesien hallintakeinojen tulee pystyä vastaamaan juuri näinä kylminä vuodenaikoina muodostuvan valunnan hallitsemiseen. Näin ollen liiallinen tukeutuminen kasvillisuuden käyttöön ei ole tarkoituksenmukaista, mikäli halutaan ympärivuotisia ratkaisuja. Toimivan sopeutumisen saavuttaminen edellyttää tavoitteellisuutta sekä järkeviä paikallisia ratkaisuja, jotka ovat riittäviä myös pitkällä aikavälillä.

3.2 Tiivistyvä kaupunkirakenne

Yhdyskuntarakenteen eheyttäminen on virallinen valtakunnallinen alueidenkäyttötavoite Suomessa. Valtakunnallisten alueidenkäyttötavoitteiden tarkoituksena on yhtenäistää maankäyttötavoitteita ja toteuttaa periaateratkaisuja, joilla voidaan edistää mm. kestävää kehitystä sekä varmistaa elinympäristön turvallisuus. Tavoitteet on huomioitu hulevesien hallintaa ohjaavassa maankäyttö- ja rakennuslaissa ja tavoitteet ohjaavat sitä kautta mm. kaavoituksen toimintaa. Tavoitteet sitouttavat kaikki kunnat samoihin toimiin, jotka ovat usein osa kansainvälisten sopimusten käytännön toteuttamista. Yksi yhdyskuntarakenteen eheyttämisen tavoitteista on saada aikaan tiiviimpi yhdyskuntarakenne, mikä käytännössä vaatii asuinkeskuksien eli kaupunkirakenteen tiivistämistä. (Suomen kuntaliitto 2012, s. 45–46)

Kompaktin kaupunkimallin puolesta voidaan esittää kolme pääargumenttia: maankäyttö, liikkuminen ja infrastruktuuri. Maankäyttöargumentin mukaan kaupunkirakenteen tiivistäminen on ekologista, koska se mahdollistaa kaupunkia ympäröivien alueiden säilyttämisen pirstaloitumattomina. (Yli-Pelkonen 2011 s.8–14)

Tilanteesta tekee haasteellisen se, että tiiviissä kaupungissa läpäisemättömän pinnan määrä kasvaa, jonka seurauksena vettä imeyttävää pintaa on vähemmän ja veden liike nopeutuu. Ilmastomuutokseen sopeutuminen pitää sisällään sekä

kaupunkirakenteen tiivistämisestä saavutettavat hyödyt, että sopeutumisen kasvaviin sademääriin ja siten myös hulevesitulviin.

3.3 Maankäyttö- ja rakennuslain muutos

Hulevesiä ja niiden hallintaa koskeva lainsäädäntö muutettiin vuonna 2014. Tästä ajankohdasta eteenpäin hulevesien hallintaa koskevat lakipykälät on kirjattu maankäyttö- ja rakennuslakiin. Kunnan hulevesijärjestelmä kattaa kaikki hulevesien hallintaan tarkoitettut alueet ja rakenteet kokonaisuutena.

Huleveden viemärointi on osa hulevesien hallinnan kokonaisuutta, eikä enää osa vesihuoltoa (L 22.8.2014/681, 17 a §). Huleveden viemärointi voi kunnan päätöksellä lakimuutoksen jälkeen edelleen olla vesihuoltolaitoksen vastuulla, minkä vuoksi sitä koskevia säännöksiä on edelleen myös vesihuoltolaissa.

Uusi lainsäädännöllinen tilanne on johtanut siihen, että useat kunnat ovat tarkentaneet aiempia toimintamallejaan mm. laatimalla koko kuntaa koskevia hulevesiohjelmia ja -strategioita.

4 HULEVESIEN HALLINTA JA PAIKALLISUUS

Hulevesien hallintaan liittyy olennaisesti paikallisen luontoperustan tuntemus, yhtäältä niiden mahdollistamat toiminnot sekä toisaalta ympäristöstä aiheutuvat rajoitteet. Lähtökohtana tulee olla perehtyneisyys alueen maisemarakenteeseen, sen topografiaan, maaperään, sekä hydrologiaan, vesiolosuhteisiin (Panu 1998). Näiden osatekijöiden seurauksena määräytyy sekä alueellinen valuma-aluejako, että paikalliset ilmasto-olot. Luontoympäristön tarjoamia lähtökohtia tulee aina tarkastella kokonaisuutena yhdessä rakennetulta ympäristöltä edellytettävien ratkaisujen kanssa.

Rakennetussa ympäristössä hulevesien hallintaa toteutetaan alueellisella ja paikallisella tasolla. Alueellisen hulevesien hallinnan suunnittelullisin ja strategisoin keinoihin toteutetaan paikallisiin olosuhteisiin sovitettua toimintaa yleis- tai asemakaavatasoisesti. Alueellinen tarkastelutaso pitää sisällään ja ohjaa tarkempaa paikallista näkökulmaa, käytännössä esimerkiksi kiinteistökohtaista tarkastelutasoa. Paikallisesti toteutetut, alueellisen strategian mukaiset rakenteet, toteuttavat osaltaan alueellisella tasolla suunniteltua kokonaisuutta.

Luonnon toimintoihin aiheutettuja muutoksia voidaan kompensoida edistämällä luonnon perustoimintoja rakennetussa ympäristössä uusien suunnitteluperiaatteiden mukaisesti. Vihertehokkuuden keinoihin voidaan pyrkiä minimoimaan olemassa olevan järjestelmän heikkouksia ja siitä aiheutuvia haittoja (Suomen ympäristö 2015). Luontoperustan toimintoihin soveltumattomilla toimilla saadaan aikaan lisääntyvät hulevedet, hulevesistä aiheutuvat tulvatilanteet sekä huleveden laadullinen huonontuminen. Kaikki nämä aiheuttavat kustannuksia ja ongelmia yhteiskunnalle. Kun toimitaan mahdollisimman hyvin luonnon perustoimintoja tukien, mahdollistuu toimiva järjestelmä, jossa pystytään hyödyntämään luonnon omaa maisemarakennetta ja voidaan saavuttaa konkreettisia kustannussäästöjä.

4.1 Valuma-aluelähtöinen hulevesien hallinta

Valuma-alueet muodostuvat maisemarakenteen mukaisesti siten, että maaston korkeimmat alueet toimivat vedenjakajina ja alavimmat alueet ovat puolestaan veden kerääntymisalueita. Taajamarakenne on harvoin toteutettu maisemarakenteen perusmuotojen mukaan siten, että veden luonnollinen valunta olisi otettu huomioon. Tästä johtuvat osaltaan myös hulevesistä aiheutuvat määrälliset ja paikalliset ongelmat. Valuma-alueen sisällä muodostuvan veden määrä kasvaa, kun veden kerääntymisalueet luontaisine kulkureitteineen on laajalti muutettu rakennetuiksi alueiksi. Lämpisemättömän pinnan määrän edelleen kasvaessa nämä ongelmat voimistuvat. (Panu 1998, Suomen kuntaliitto 2012)

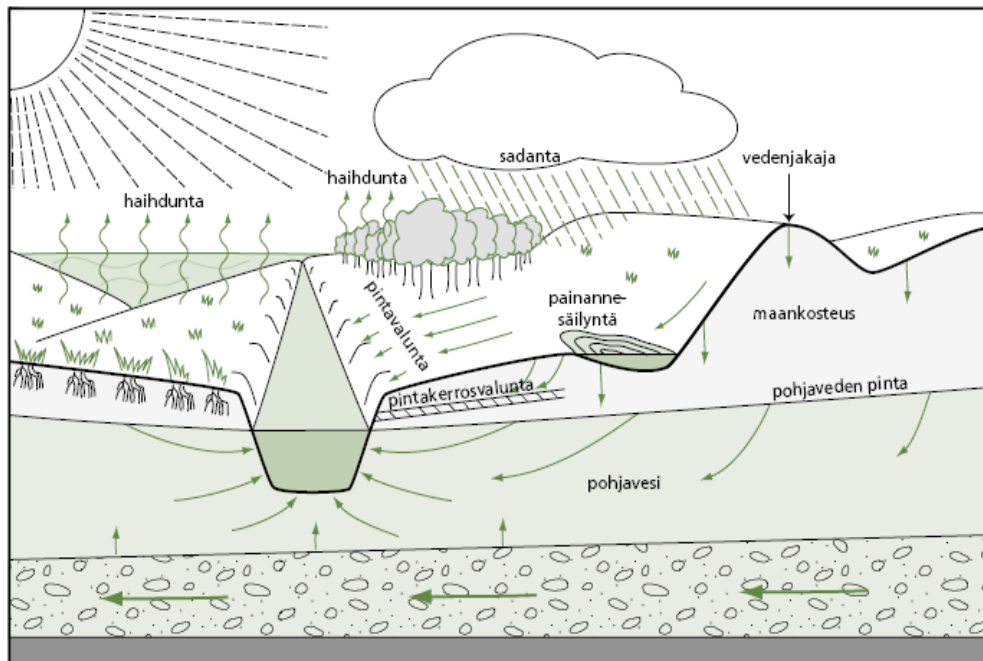
Kaavoituksella on merkittävä rooli maankäytön suunnittelussa ja siten myös osaltaan vastuu asumisen ja muiden toimintojen sijoittumisesta maisemarakenteeseen. Valuma-aluelähtöinen hulevesien hallinta tapahtuu maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti yleiskaavan suunnittelun yhteydessä. Yleiskaavassa tehtävät aluevaraukset ja kaavamääräykset ovat tärkeä osa valuma-aluelähtöistä suunnittelua. Yleiskaavaprosessin aikana suunnitellaan myös hulevesivalunnan reitit, tulva- ja ylivuotoreitit sekä voidaan antaa yleispiirteisiä määräyksiä hulevesien hallintarakenteiden mitoituksesta. (Suomen Kuntaliitto 2012, s. 22–23)

Valuma-aluelähtöinen suunnittelu voidaan toteuttaa parhaiten silloin, kun toimitaan uudis- ja täydennysrakennuskohteissa. Valuma-alueen tulevan maankäytön kannalta erityisesti maankäytön muutosalueet ovat tärkeitä suunniteltaessa hulevesien hallintakeinoja. Muutosalueiden maankäyttöanalyysin avulla voidaan arvioida syntyvien hulevesien määrää ja laatua.

4.2 Vesitase ja sen muutokset urbaanissa ympäristössä

Urbaanissa ympäristössä vedenkierto poikkeaa huomattavasti kuvan 3 luonnontilaisen alueen veden kierrosta (Vakkilainen, Kotola & Nurminen 2005). Suomen kostea ja viileä ilmasto saa aikaan sen, että sademäärät ovat huomattavasti suurempia kuin haihdunnan määrä. Vähäinen haihdunta yhdessä lämpisemättömän

pinnan kanssa lisää pintavalunnan määrää sademäärien kasvaessa. Ihminen muuttaa elinympäristönsä vesitasetta ja aiheuttaa lisäksi valumavesiin laadullisia ongelmia ravinteiden sekä erilaisten saasteiden muodossa (Vakkilainen ym. 2005).



Kuva 3. Hydrologinen kierto rakentamattomassa ympäristössä (Salaojayhdistys 2013).

Kaupunkiympäristössä edellä kuvatut vesitaseen muutokset voimistuvat entisestään, sillä kaupunkialueille tyypilliset rakenteet eivät tue veden haihtumista tai imeytymistä, vaan veden valunta nopeutuu voimakkaasti johtuen läpäisemättömän pinnan suuresta osuudesta sekä kasvillisuuden vähäisyydestä. Rakennetuilla alueilla sademäärästä noin 50...80 % muuttuu pintavalunnaksi (Suomen Kuntaliitto 2012). Lisäksi sadevesistä pyritään rakennetuilla alueilla pääsemään nopeasti eroon viemäroinnillä, jotta välttyttäisiin aineellisilta vahingoilta rankkasateiden aikana. Tämä vähentää huleveden haihtumista entisestään. (Vakkilainen ym. 2005)

Kaupungistumiskehitys on omiaan lisäämään läpäisemättömien pintojen määrää. Ympäristössä tapahtuneen muutoksen seurauksena valunnan määrä kasvaa, pahimmassa tapauksessa lähes koko valuma-alueen alalta. Näin ollen

vuosikymmeniä sitten rakennettujen sadevesiviemäreiden kapasiteetin ylittymisestä seuraa riski taajamatulvien yleistymisestä. (Suomen Kuntaliitto 2012)

4.3 Paikallinen hulevesien hallinta ja paikalliset olosuhteet

Paikallisella hulevesien hallinnalla tarkoitetaan yleisesti toimia, joiden avulla hulevedet pystytään hallitsemaan mahdollisimman lähellä niiden syntypaikkaa. Paikallisesti hulevesien hallinnassa voidaan pyrkiä vähentämään hulevesien määrää sekä imeyttämään ja viivyttämään niitä. Syntypaikalla tehtävien toimenpiteiden avulla voidaan vaikuttaa myös muodostuvan huleveden laatuun. (Suomen kuntaliitto 2012, s.18–20)

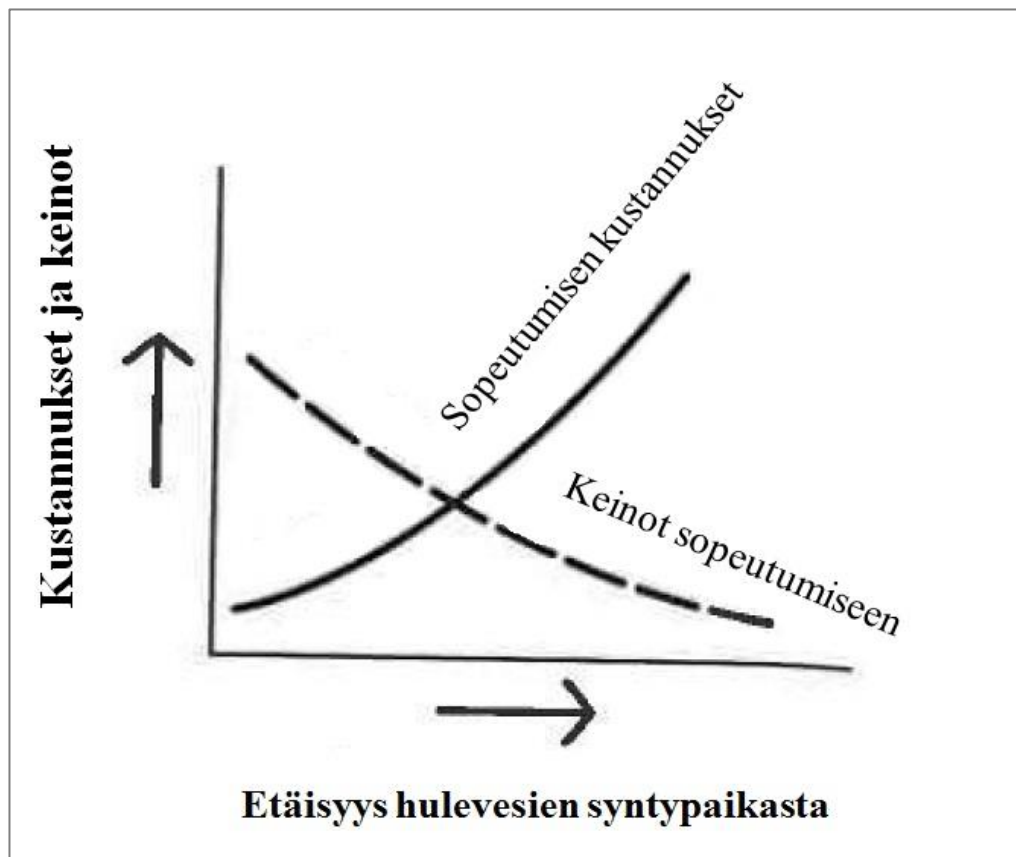
Hajautetussa, moniosaisessa järjestelmässä yksittäisen hallintamenetelmän toimintakyvyn heikentyminen tai esimerkiksi mitoituksen ylittyminen ei vaikuta järjestelmän muiden osien toimintaan samassa laajuudessa kuin keskitetyssä järjestelmässä. Järjestelmän muilla osilla voidaan paikata järjestelmän osien puutteita. Toinen hajautetusta järjestelmästä saavutettava hyöty on se, että yksittäisen hallintarakenteen mitoitus ja siten sen viemä pinta-ala voi olla pienempi, jolloin yksittäisen rakenteen sijoittaminen helpottuu. Tämä helpottaa hulevesien hallintaa varsinkin tiiviimmin rakennetussa ympäristössä. (Havulinna 2015 s.12–13)

Paikallinen hulevesien hallinta on tarkoituksenmukaista myös kustannusnäkökulmasta, sillä kuten kuvasta 4 nähdään, mitä kauemmas huleveden syntypaikalta hallinta sijoitetaan, sitä suuremmiksi kasvavat kustannukset (Ilmastonkestävä kaupunki 2013). Suurien hulevesimassojen johtaminen kauas niiden syntypaikoilta vaatii rakenteita, joiden rakentaminen ja kunnossapito aiheuttaa merkittäviä kustannuksia yhteiskunnalle.

Paikalliset olosuhteet tulee huomioida aina hulevesien hallinnan suunnittelussa. Hulevesien hallinnan kannalta merkittäviä paikallisia ominaisuuksia ovat muun muassa (Suomen Kuntaliitto 2012):

- topografia, maisemarakenne
- maaperä

- paikallisilmasto
- vesistöt ja niiden laadullinen tila
- kasvillisuus
- läpäisemättömän pinnan osuus
- pohjavesi



Kuva 4. Hulevesien hallinnan kustannuksien ja keinojen suhde etäisyyteen hulevesien syntypaikasta (Ilmastonkestävä kaupunki 2013).

4.4 Vihertehokkuus – työkalu hulevesien hallinnan tueksi

Vihertehokkuus on maankäytön suunnittelun laskennallinen työkalu, jonka soveltamisella edistetään kaupunkitilaa luonnonmukaistavien elementtien määrän lisäämistä urbaanissa elinympäristössä. Vihertehokkuuden laskenta edistää siten kiinteistön tai alueen maankäytöstä aiheutuvien muutosten hallintaa. (Suomen ympäristö 2015) Tässä työssä käytetylle termille vihertehokkuus käytetään joissakin Suomen kaupungeissa synonyyminä termiä viherkerroin.

Vihertehokkuus voidaan määrittää yksittäiselle kiinteistölle tai tätä laajemmalle alueelle, kuten korttelille. Alueen maankäytön pohjalta saadaan vihertehokkuutta kasvattavien elementtien summan ja koko alueen pinta-alan suhteena vihertehokkuuden lukuarvo. Ekosysteemin toimintaa edistävät elementit alueella kasvattavat sen vihertehokkuuden arvoa ja vastaavasti läpäisemättömät pinnat eivät kasvata sitä. Korkea vihertehokkuus voidaan saavuttaa lukuisilla erilaisilla ratkaisujen yhdistelmillä. Ekosysteemin toimintaa edistäviä elementtejä arvotetaan esimerkiksi seuraavilla tavoilla (Suomen ympäristö 2015):

- pintojen vedenläpäisevyys
- hulevesien viipymä pinnalla
- kytkeytyneisyys maaperään
- kasvillisuuden määrä ja kerroksellisuus
- lajiston monimuotoisuus

Helsingin kaupungissa eri toimintoja on painotettu perustuen esimerkiksi niiden ekologisuuteen, virkistysarvoon, maisema-arvoon ja kunnossapidon vähyyteen (Inkiläinen, Tiihonen & Eitsi 2014).

Helsingin kaupunki soveltaa vihertehokkuuden käyttöä osana uutta asemakaavoitusta. Tätä tarkoitusta varten on laadittu vihertehokkuuden määrittämiseksi laskentapohja, joka liitetään täytettynä osaksi rakennuslupahakemusta. Laskenta perustuu eri elementtien painotuksien lisäksi erilaisiin rajauksiin kuten maankäyttöön, joka vaikuttaa vihertehokkuuden tavoitetasoon. (Helsingin kaupunki 2018a ja 2018b)

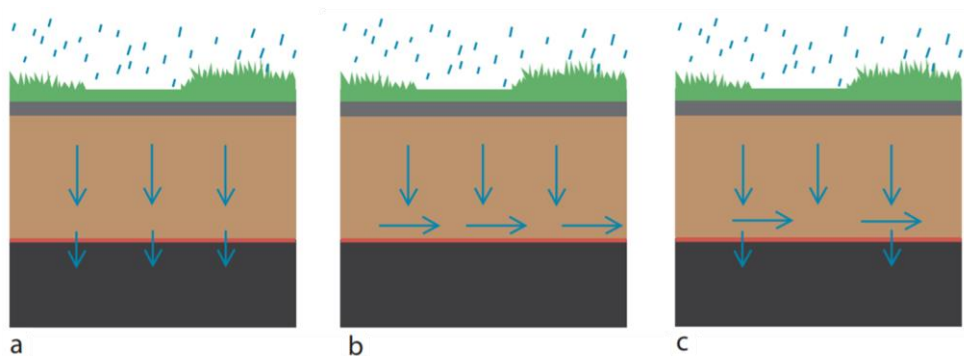
Hulevesien hallinnan näkökulmasta prioriteetiltaan ensisijaisia toimia, kuten monikerroksista kasvillisuutta on painotettu myös vihertehokkuuden laskennassa. Myös hulevesiä viivyttävät kosteikot, lammikot ja muut viivyttävät rakenteet arvotetaan laskennassa tyypillisesti korkealle. (Helsingin kaupunki 2018a, Helsingin kaupunki 2018b, Sanaksenaho 2015) Viivyttävien rakenteiden arvottaminen edistää vihertehokkuuden laskennan soveltuvuutta Suomen ilmasto-olosuhteisiin, sillä pelkkää kasvillisuuden käyttöä edistävänä työkalun vaikuttavuus jäisi vähäiseksi.

Vihertehokkuuden laskennan soveltaminen on tuottaa suurimmat hyödyt niillä rakennetun ympäristön alueilla, joissa läpäiseviä pintoja on lähtökohtaisesti vähän ja niiden puuttuminen aiheuttaa ongelmia muodostaen hulevesiä. Näin ollen tiiviin keskustan kiinteistöt ja teollisuus- sekä liikekiinteistöt ovat tarkoituksenmukaisimpia kohteita vihertehokkuuden laskennan käyttöönotolle. Vihertehokkuuden laskentaa voidaan hyödyntää asetettaessa hulevesien hallintaa koskevia kaavamääräyksiä näille kiinteistötyypeille esimerkiksi määrittämällä kiinteistöllä saavutettava vihertehokkuuden tavoitetaso. (Pehkonen 2015) Tällöin vihertehokkuus edistää monipuolista ratkaisujen käyttöä ja edistää riittävän ratkaisumäärän käyttöönottoa vaikuttavuuden saavuttamiseksi.

5 HULEVESIJÄRJESTELMÄN MÄÄRITELMÄ

Toimiva hulevesijärjestelmä muodostuu hulevesiviemäriverkosta ja avoimista rakenteista. Suomalainen hulevesijärjestelmien suunnittelu ja rakentaminen on jo pitkään perustunut hulevesiputkistojen ja avointen rakenteiden yhdistelmiin (Suomen Kuntaliitto 2012, s.84). Kuvassa 5 on esitetty näiden rakennetyyppien periaatteelliset erot. Laajempien, pelkästään hulevesiputkistojen varaan perustuvien hulevesijärjestelmien rakentaminen on kallista ja jatkuvasti kasvavien sademäärien vuoksi se ei ole toimivuuden ja taloudellisuuden näkökulmasta järkevää. Hulevesien hallinnan lisäksi hulevesijärjestelmän avoimilla rakenteilla on muitakin funktioita, kuten hulevesien hyödyntäminen resurssina ja kaupunkiluonnon monimuotoisuuden lisääminen (Raimovaara 2017; Hakola 2011, s.1). Luvussa 7 esitetään esimerkkejä avointen rakenteiden soveltamiseen.

Yleistyvissä poikkeusolosuhteissa avoimien rakenteiden ja hulevesiputkistojen kapasiteetit ylittyvät. Tämän vuoksi varsinaisen hulevesijärjestelmän lisäksi tulvatilanteiden hallinnan kannalta toimivat tulvareitit ja -alueet ovat osa toimivaa hulevesijärjestelmää. (Suomen Kuntaliitto 2012)



- a) Avoin rakenne, joka mahdollistaa veden imeytymisen, viipymisen ja muodostumisen estämisen.
 b) Hulevesiviemäriverkosto, jonka avulla hulevesi johdetaan muualle joko suoraan vesistöön tai viivytävään rakenteeseen.
 c) Yhdistetty järjestelmä, jossa vesiä käsitellään avoimilla rakenteilla ja hulevesiviemäriverkostolla.

Kuva 5. Hulevesijärjestelmän osat (RTS 17:27 Hulevesirakenteet mukaan).

5.1 Hulevesiviemäriverkosto

Hulevesiviemäriverkoston ensisijainen tehtävä on koota ja johtaa rakennetuilla alueilla muodostuvaa hulevettä. Hulevesiviemäriverkosto on teknisistä rakenteista koostuva verkosto, jonka toiminta perustuu huleveden nopeaan poisjohtamiseen, eikä huleveden määrän vähentämiseen, imeyttämiseen tai viivyttämiseen. Hulevesiviemäriverkosto koostuu erillisviemäreistä, sekaviemäreistä, kaivoista ja pumppaamoista. (Suomen Kuntaliitto 2012)

Hulevesiviemäriverkosto on välttämätön osa hulevesijärjestelmää. Sen merkitys korostuu erityisesti tiiviisti rakennetussa keskustassa. Hulevesiviemäriverkostoa täydentävät toisena, paikallisella tasolla toteutettuna putkijärjestelmänä salaojat. Ne toimivat rakenteita kuivattavina ratkaisuin yhdistäen osan paikallisista hulevesien hallinnan rakenteista osaksi alueellista hulevesien hallintaa. Viemärointi on salaojituksen eli rakenteiden kuivatuksen kannalta usein ainoa toimintavarma rakenneratkaisu.

5.2 Avoimet rakenteet

Avoimet rakenteet ovat ihmisen toimesta muokattuja tai luonnon omia vedenkiertoon liittyviä luonnontilaisen kaltaisia järjestelmiä. Avoimet järjestelmät voidaan jaotella huleveden kertymiseen vaikuttaviin eli muodostumista estäviin, määrää vähentäviin ja hulevettä viivyttäviin rakenteisiin. Lisäksi avoimilla rakenteilla voidaan johtaa hulevesiä sekä käsitellä niitä laadullisesta näkökulmasta. Avoimet rakenteet mahdollistavat veden kontaktin maaperän, kasvillisuuden ja ilmakehän kanssa. (Hakola 2012 s.1; Raimovaara 2017, s.7) Avoimia järjestelmiä on jo pitkään käytetty osana hulevesien hallintaa. Hulevesijärjestelmän avoimia rakenteita ovat esimerkiksi avo-ojat, purot, kosteikot, altaat, viherpainanteet, kanavat, kourut, imeytyskaivannot ja suodatuskentät (Raimovaara 2017, s.47).

Avoimia rakenteita käytetään toimivan hulevesijärjestelmän osana siten, että ne mahdollistavat suunnitelmallisen huleveden määrän vähentämisen, huleveden virtaaman tasaamisen sekä huleveden laadun parantamisen ennallistaen rakennetun ympäristön hydrologiaa (Suomen Kuntaliitto 2012).

Avoimien rakenteiden ja hulevesiviemäroinnin yhtymäkohtana voidaan erotella erilliseksi kokonaisuudeksi avoin kuivatusjärjestelmä, joka koostuu hulevesiä johtavista rakenteista eli painanteista, avo-ojista, rummuista ja tarvittavilta osin hulevesiviemäreistä. (Suomen Kuntaliitto 2012, s.157)

5.3 Hulevesien hallinnan prioriteettijärjestys

Hulevesien hallintakeinot voidaan jakaa edellä kuvatulla tavalla avoimiin rakenteisiin ja hulevesiviemärointiin. Avoimia rakenteita on useita ja ne voidaan jaotella karkeasti huleveden muodostumista vähentäviin/estäviin, virtausta viivyttäviin sekä hulevesiä johtaviin järjestelmiin. Avoimet rakenteet ovat prioriteettijärjestyksessä ensisijaisia. Hallintakeinot on asetettu prioriteettijärjestykseen sen mukaan, kuinka tehokkaasti ne estävät tai vähentävät hulevesien aiheuttamia haitallisia vaikutuksia. (Suomen Kuntaliitto 2012, 74–75)

Tampereen kaupungissa on sovellettu maankäyttö- ja rakennuslain mukaista prioriteettijärjestystä kuvan 6 mukaisella tavalla. Prioriteettijärjestyksen mukaista hulevesien hallintaa toteutetaan seuraavassa esitetyllä tavalla:

1. Hulevesien määrän vähentäminen syntypaikalla

Ympäristön ollessa rakentamaton, luonnontilainen, hulevesiä ei juurikaan muodostu, koska läpäisemätöntä pintaa ei käytännössä ole (Suomen kuntaliitto 2012). Toisaalta riippuen paikallisista olosuhteista, on mahdollista, että myös luontoperustassa on läpäisemättömiä pintoja, kuten avokallioita, savimaita ja kivikoita.

Hallintakeinot, joiden tavoitteena on estää huleveden muodostumista ovat ensisijaisia. Hulevesiä vähentävät toimintatavat ja rakenteet ovat ainoita, joilla pystytään vähentämään kokonaishulevesimäärää. Hulevesien muodostumista ehkäisevät hulevesien imeyttäminen (maahan, viherkattoon jne.) sekä haihduttaminen (kasvillisuus). Huleveden määrää voidaan vähentää hyödyntämällä sitä syntypaikallaan. Huleveden muodostumista ehkäisevät ja huleveden määrää vähentävät ratkaisut vähentävät kiinteistöltä poisvirtaavan veden määrää. (Suomen kuntaliitto 2012)

Hulevesien muodostumisen ehkäiseminen ja sen määrän vähentäminen ovat ainoita keinoja, joilla voidaan välttyä hulevesien johtamiselta eli siirtämiseltä syntypaikalta muualle. Kaikkiin muihin hallintakeinoihin liittyy hulevesien siirtämistä tavalla tai toisella pois niiden syntypaikoilta.

2. Hulevesien viivyttäminen pintajohtamisjärjestelmässä

Hulevesien viivyttämisen avulla virtaamia saadaan tasattua ja pystytään kiinnittämään huomiota myös hulevesien laadulliseen parantamiseen (Suomen kuntaliitto 2012). Luonnossa vesi virtaa hitaasti ja sen vuoksi vesiolosuhteiden tuominen lähemmäksi luonnontilaista edellyttää hulevesien virtauksen viiveen kasvattamista. Hulevesien viivyttäminen maanpinnalla on lähempänä luonnontilaista veden kulkeutumista kuin veden siirtäminen suoraan purkupaikkaan putkistoja pitkin. Lisäksi maanpinnalla olevat viivytyjärjestelmät edistävät veden haihtumista ja toimivat esteettisinä elementteinä kaupunkikuvassa (Suomen kuntaliitto 2012). Viivytyalueista voidaan tarvittaessa tehdä monikäyttöisiä siten, että viivytyalue soveltuu sateettomina aikoina muihin toimintoihin. Ensisijaista on hulevesien viivyttäminen niiden muodostumispaikassa. Toissijaisesti hulevedet voidaan johtaa viivytettäväksi keskitettyyn järjestelmään yleisille alueille.

Viivyttäminen on erityisen tärkeää alueilla, joissa hulevesiä muodostuu paljon. Tällaisia alueita ovat teollisuusalueet, liikekeskukset sekä pysäköintialueet ja muut runsaasti katto- ja asfalttipintaa sisältävät alueet. (Suomen kuntaliitto 2012)

3. Hulevesien johtaminen putkistossa viivyttävään avojärjestelmään

Tiiviissä kaupunkiympäristössä tilaa on rajallisesti avoimille hulevesien johtamisjärjestelmille. Tässä tilanteessa paras vaihtoehto voi olla hulevesien johtaminen putkistoa pitkin soveltuvalle alueelle, jossa on tilaa hulevesiä viivyttävälle avojärjestelmälle. Tällainen järjestelmä toimii keskitettynä ratkaisuna ja soveltuu suurille vesimassoille. Järjestelmä aiheuttaa hulevesitulvia herkemmin kuin prioriteettijärjestyksessä sitä edeltävät toimintatavat, koska siihen kuuluu hulevesien johtamista putkistossa. Hulevesien viivyttäminen keskitetysti ennen hulevesien purkamista vesistöön on kuitenkin parempi vaihtoehto kuin purkaminen

suoraan vesistöön sekä määrällisestä, että laadullisesta näkökulmasta. Toimintatapa edistää hulevesiviemäreiden kykyä johtaa hulevesiä, jolloin voidaan välttyä viemäreiden kapasiteettien kasvattamiselta. (Suomen kuntaliitto 2012)

4. Hulevesien johtaminen putkistossa suoraan vastaanottavaan vesistöön

Prioriteettijärjestyksen viimeinen hulevesien hallintakeino toimii vain hulevedet poistavana ratkaisuna, joka ei ennaltaehkäise huleveden muodostumista tai vähennä muodostuneen huleveden määrää. Pelkkään putkistoon nojautuva ratkaisu ei myöskään viivytä huleveden virtausta tai paranna hulevettä laadullisesta näkökulmasta. Maanalaisten viivytysrakenteiden rakentaminen putkiston yhteyteen on mahdollista ja silloin pystytään hidastamaan huleveden virtausta, jotta voitaisiin välttyä mitoitussateet ylittävillä sateilla hulevesitulvilta. Tällaisten rakenteiden toteuttaminen alueilla, joilla niille olisi suurin tarve, on kuitenkin kallista ja vaikeaa olemassa olevan maankäytön takia.

Yleensä hulevesien hallinta perustuu pelkkään viemäröintiin, vain tiivisti rakennetuissa keskustoissa, missä se on perusteltua maankäytöstä aiheutuvien haasteiden ja riskien vuoksi. Riskeistä johtuen veden nopea poisjohtaminen on ensisijainen tavoite.



Kuva 6. Tampereella sovellettu prioriteettijärjestys ja sen vaiheiden sijoittuminen edellä kuvattuun, laissa esitettyyn prioriteettijärjestykseen (Tampereen kaupunki 2012 mukaan).

6 HULEVESIEN HALLINTA VAASASSA

Vaasa on edelläkävijä hulevesien hallinnan ratkaisujen soveltamisessa. Jo 1980-luvulla Gerbyn asuinalueen suunnittelussa lähtökohtana oli alueen maisemarakenne. Hulevesien hallinta toteutettiin avoimista rakenteista koostuvalla verkostolla. (Panu 1998) 2000-luvun alussa Vaasassa toteutettiin EU-rahoitteinen Vital Vaasa-hanke. Siinä kartoitettiin keinoja urbaanin alueen vedenkierron elvyttämiseen ja pyrittiin kehittämään rakentamisen vaikutusten arviointia. (Loukkaanhuhta 2001)

6.1 Nykytila

Vaasassa on laadittu yleiskaava 2030:n suunnittelun yhteydessä viheraluejärjestelmä, jonka tarkoituksena on turvata kaupungin asukkaiden virkistystarpeet sekä luonnon ja maisemarakenteen ominaispiirteet ja elinvoimaisuus. Viheralueiden eräs päätehtävä on taata luontoperustan elinvoimaisuuden ja sietokyvyn ylläpitäminen ja tukeminen lieventämällä ihmisen toiminnasta ympäristöön aiheutuvaa räsitusta. Viheraluejärjestelmä on laadittu koko kaupungin alueelle, minkä vuoksi se toimii tarkoituksenmukaisena käyttönoton kanavana hulevesien hallinnan ratkaisuille. Vaasan viheraluejärjestelmä on laadittu maisemarakenneselvityksen pohjalta. Maisemarakenteen osana laaksojen toimintakyky on erityisen tärkeää säilyttää hulevesien kerääntymis- ja viivytysalueina. (Vaasan kaupunkisuunnittelu 2008)

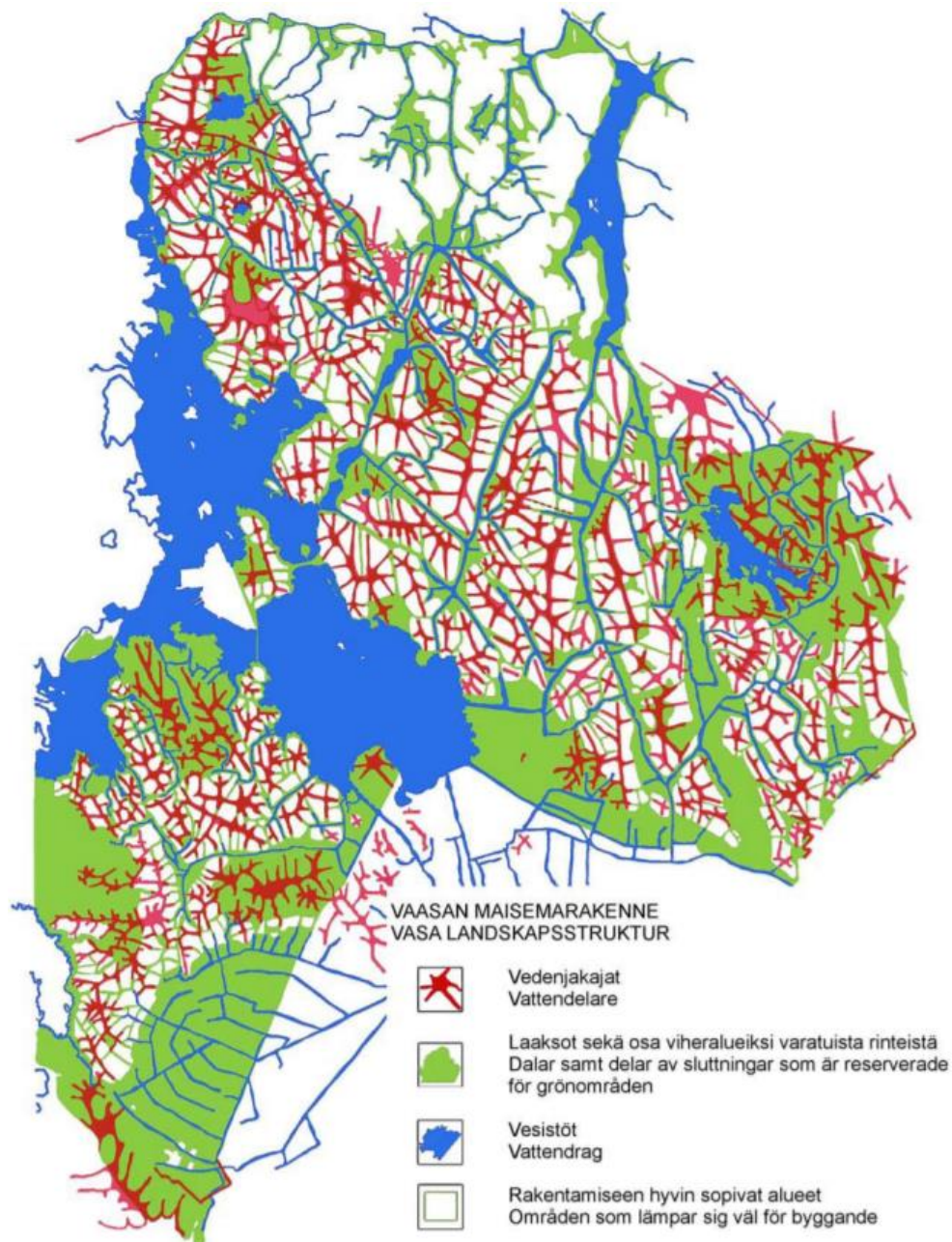
Nykyinen Vaasan hulevesijärjestelmä koostuu hulevesiviemäriverkostosta sekä avo-ojista, joita täydentävät vettä viivyttävät lammet, järvet ja kosteikot. Vaasassa on myös pieni osuus sekaviemäreitä. Viemärointi painottuu erityisesti tiiviin keskustan alueelle. Avoimet rakenteet toimivat väljemmin rakennetuissa ympäristöissä viemärointiä tukevin hulevesijärjestelmän osina. Hulevesiputkien kokonaispituus vuoden 2018 tietojen mukaan on 350 km. Hulevesiverkosto on mitoitettu ja rakennettu pääosin 1960–1970-luvuilla (Nyman 2016). Avo-ojien kokonaispituus on noin 600 km (Johan Holmfors suullinen tieto 25.1.2018). Hulevedet puretaan enimmäkseen kaupungin edustan merenlahtiin. Vaasassa lakimuutoksen myötä kokonaisvastuu hulevesien hallinnasta siirtyi Vaasan

kaupungille. Myös hulevesiviemäriverkosto ja sen kunnossapito siirtyivät kaupungin vastuulle vuonna 2015.

Hulevesiverkoston rakentamisajankohdan jälkeen ilmasto-olosuhteet ovat muuttuneet epävakammiksi ja rankkasateista on tullut yleisimpiä. Vaasassa onkin viime vuosina ilmennyt ongelmia sadehuippujen aikana, jolloin vuorokauden kokonaissadekertymä on ollut 20...50 millimetriä/vrk. Sadejakson pitkittyessä haasteet verkoston mitoituksen riittävydestä korostuvat entisestään. (Nyman 2016)

Hulevesien hallinnan näkökulmasta Vaasassa hallitsevia paikallisia olosuhteita ovat pienipiirteinen topografia ja enimmäkseen vettä heikosti läpäisevästä savesta ja melko huonosti vettä läpäisevästä hiekkamoreenista muodostuva maaperä (Paikkatietoikkuna 2018). Maaperän huono vedenläpäisevyys saa aikaan sen, että hulevesien imeyttäminen on vaikeaa, eikä se palvele tarkoitustaan pohjaveden määrää lisäävänä toimintona. Vaasan hulevesijärjestelmän vaikutusalueella ei ole vedenhankintaan tarkoitettuja tai luokiteltuja pohjaveden muodostumisalueita (Paikkatietoikkuna 2018).

Vaasan maisemarakenteen merkittävimmät ominaispiirteet on esitetty kuvassa 7. Alue on vanhaa huuhtoutunutta merenpohjaa, mikä on merkittävästi muokannut maisemarakenteen kehittymistä pitkällä aikavälillä. Alueen topografia on pienipiirteistä. Maisemarakenne koostuu pitkälti luoteesta kaakkoon suuntautuneista huuhtoutuneista moreeniselänteistä ja niiden välisistä laaksoalueista, jotka ovat maaperältään enimmäkseen savikkoa. Savikot ovat paikoin kymmeniä metrejä paksuja. Näiden äärialueiden väliset, rakentamiseen ensisijaisesti soveltuvat rinteet ovat pieniä ja huomaamattomia. Maisemarakenteen aiheuttamat reunaehdot saavat aikaan sen, että veden imeyttäminen on erityisen vaikeaa. (Vaasan kaupunki 2010)



Kuva 7. Vaasan maisemarakenne (Vaasan kaupunki 2010).

Vaasan hulevesien hallintaa rajoittaa Suomelle tyypillinen ilmasto ja kasvillisuus, joka mahdollistaa vain vähäisen haihdunnan ja siten vain marginaalisen hulevesien määrän vähenemisen. Paikallisilmaston kannalta merkittävimpiä tekijöitä ovat sadanta ja lämpötila sekä niissä tapahtuvat vaihtelut.

Kaupunkiympäristössä läpäisemättömän pinnan määrä on suurimmillaan kaupungin tiiviisti rakennetussa keskustassa, missä hulevesien aiheuttamat

vesimäärät ovat paikoin jopa muutaman sadan kuutiometrin luokkaa näillä suhteellisen tavallisilla sademäärillä. Suuri osa ongelma-alueista sijaitsee tiiviisti rakennetussa keskustassa ja sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevilla veden kerääntymisalueilla. (Litmanen 2011)

6.2 Hulevesien hallinnan tavoitteet

Maankäyttö- ja rakennuslaissa on esitetty seuraavat lain yleiset tavoitteet hulevesien hallinnan toteuttamiseksi (L 22.8.2014/682, 13 a luku 103 c §):

- kehittää hulevesien suunnitelmallista hallintaa erityisesti asemakaava-alueella,
- imeyttää ja viivyttaa hulevesiä niiden kerääntymispaikalla,
- ehkäistä hulevesistä ympäristölle ja kiinteistölle aiheutuvia haittoja ja vahinkoja ottaen huomioon myös ilmaston muuttuminen pitkällä aikavälillä,
- edistää luopumista hulevesien johtamisesta jätevesiviemäriin.

Käytännön hulevesien hallinta kuuluu useiden kuntaorganisaation teknisen toimen alaisten hallintokuntien vastuulle. Tähän asti tiivistä yhteistyötä on tapahtunut tyypillisesti vain hallintokuntien sisällä. Näin ollen esimerkiksi teknisen toimen vastuulla oleva suunnittelu, tekninen toteuttaminen sekä rakenteiden kunnossapito on tapahtunut tyypillisesti kukin omassa sektorissaan, eikä toiminta perustu sektoreiden väliseen yhteistyöhön. (Nyman 2016)

Vaasan kaupungin hulevesiohjelmalla tavoitellaan integroidun vesivarojen hallinnan periaattein toteutettua hulevesien hallintaa. Integroitu vesivarojen hallinta voidaan toteuttaa kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti, tuoden taloudelliset, sosiaaliset ja ympäristölliset näkökulmat osaksi suunnittelua. Sisällytettäessä hulevesi osaksi vesivaroja otetaan samalla huomioon sen potentiaali hyödynnettävänä resurssina. Periaatteen mukainen toiminta huomioi veden poikkileikkaavan luonteen ja tämän ominaisuuden tuomat mahdollisuudet ja vaatimukset hulevesien hallinnalle. Käytännössä tämä tarkoittaa tähän saakka pieninä osakokonaisuuksina toteutetun hulevesien hallinnan muuttamista yhdeksi

suunnitelluksi kokonaisuudeksi, jossa hulevesien hallinta on sisällytetty osaksi organisaation yhteisiä toimintaperiaatteita. Kokonaisuudessa on huomioitu kaikkien osallisten sektoreiden ja käyttäjien yhteensovitetut tarpeet sekä hyödynnetty kaikkien hallintokuntien osaamista laajasti jo suunnittelun alusta alkaen. Integroidun näkökulman avulla voidaan saada aikaan hulevesien hallinnan kokonaisuus, joka vastaa todellisiin tarpeisiin, soveltuu paikallisiin olosuhteisiin, on kustannus–hyötysuhteeltaan optimaalinen ja tuo laaja-alaista vaikuttavuutta. (Keskinen 2011; Raimovaara 2017, s.23–34) Hulevesien hallintaa tulee kehittää yhteistyössä hanke kerrallaan, jolloin yhteiset toimintatavat muodostuvat toimiviksi. Tuloksena tulee olla yhteistyössä laadittu suunnitelma, johon sekä suunnittelijat, että toteuttajat voivat sitoutua.

Olemassa oleva hulevesijärjestelmä ja viheraluejärjestelmä sekä paikalliset olosuhteet on otettava huomioon toteutettaessa hulevesien hallintajärjestelmiä. Olemassa olevia hulevesijärjestelmän osia voidaan myös saneerata vastaamaan tämän hetkisiä ja lähitulevaisuuden tarpeita. Saneerausten avulla voidaan esimerkiksi lisätä ojissa tapahtuvaa huleveden viivytämistä ja myös rakentaa viivytysaltaita hulevesitulvien varalle. Tulevaisuudessa tavoitteena on, että kunnan lisäksi kiinteistöjen omistajat tai haltijat osallistuvat kaupungin hulevesien hallintaan lainsäädännön osoittaman vastuunjaon mukaisesti.

Huleveden laadulliset ongelmat korostuvat kaupunkiympäristössä vähäisen luonnollisen puhdistumisen takia. Hulevedet johdetaan viemäreihin luonnollista veden liikettä huomattavasti nopeammin usein ilman minkäänlaista kontaktia kasvillisuuteen tai maaperään. Kasvillisuuskontakti toimii tehokkaana puhdistajana ja huleveden kuljettamien ravinteiden sitojana, sekä veden virtausta hidastavana elementtinä. (Suomen Kuntaliitto 2012) Vaasassa huleveden laadulliset ongelmat keskittyvät keskusta-alueelle sekä liikennealueille. Kaupungin hulevesijärjestelmällä pyritään toteuttamaan määrällisen hallinnan lisäksi myös hulevesien laadullista hallintaa.

Vaasan hulevedet päätyvät Itämereen, minkä vuoksi niiden suhteellinen vaikutus vesistön tilaan on vähäinen. Maataloudesta ja metsäojituksista vuosittain tulevat ravinne- ja metallipäästöt ovat huomattavasti suurempi ja laaja-alaisempi ongelma.

Happamista sulfaattimaista johtuen Itämereen joutuu vuosittain suuria määriä ravinne- ja metallipäästöjä. Esimerkiksi nikkeliä valuu Itämereen ilmiöstä johtuen vuosittain noin sata tonnia (Metsäntutkimuslaitos 2014).

Valittaessa huleveden hallintaan soveltuvia ratkaisuja on tärkeää tarkastella kaupungin tavoitteita kokonaisvaltaisesti. Vaasan energia- ja ilmasto-ohjelman mukaisesti kaupungin tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Osaltaan kaupungin hulevesiohjelman toteutus on sidottu kaupungin energia- ja ilmasto-ohjelman tavoitteeseen. Tähän tavoitteeseen pääsemisessä viheraluejärjestelmällä on vaikutusta hiiltä sitovana elementtinä. Vaasan ilmastotavoitteisiin kuuluu myös tavoite kilpailukykyisestä yhdyskuntarakenteesta, johon hulevesien hallintakeinot kuuluvat olennaisesti. Käyttöön otettavien ratkaisujen vaikuttavuutta lisää se, että hulevesien hallitsemisen avulla voidaan edistää myös kaupunkiluonnon toimivuutta ja monimuotoisuutta, sekä lisätä kaupungin virkistys- ja viheralueiden viihtyisyyttä. (Vaasan kaupunki 2016b)

7 HULEVESIEN HALLINNAN KEHITTÄMINEN VAASASSA

Kuten edellä todettiin, Vaasan paikallisista olosuhteista aiheutuu erityisiä haasteita hulevesien hallinnan kannalta. Opinnäytetyössä on pyritty selvittämään, miten Vaasan hulevesien kokonaishallintaa voisi tulevaisuudessa kehittää toimivuuden, tarkoituksenmukaisuuden ja kokonaistaloudellisuuden suuntaan. Vaasan kaupungin näkökulmasta eri hulevesien hallintakeinoja arvioitaessa ensisijaista on niiden toimivuus hulevesien määrällisessä hallinnassa sekä hulevesiputkistojen ja avointen rakenteiden yhdistäminen. Opinnäytetyössä keskitytään avoimiin rakenteisiin ja esitetään niistä esimerkkejä vaikuttavuuden saavuttamisen kannalta tärkeimmille maankäytön alueille.

7.1 Hulevesien hallinnan suunnitteluprosessi

Hulevesien hallintaa toteutetaan kuvassa 9 esitetyllä tavalla. Suunnitteluprosessissa luodaan edellytykset toimivalle hulevesien hallinnalle. Hulevesien hallinnan suunnittelu tapahtuu yleis- ja asemakaavaprosessin aikana. Yleiskaava ohjaa asemakaavaa, eikä asemakaavassa siten voida esittää yleiskaavan vastaista maankäyttöä. Tämä edellyttää hulevesien huomiointia suunnitteluprosessin alusta alkaen. Näissä suunnittelun vaiheissa voidaan tehdä tilavarauksia ja asettaa kaavamerkintöjä sekä kaavamääräyksiä hulevesien hallinnan toteuttamiselle. Laadittujen merkintöjen ja määräysten tulee perustua tapauskohtaisiin selvityksiin, paikallisiin olosuhteisiin ja suunniteltuun maankäyttöön. (Suomen Kuntaliitto 2012, s.23)

Yleiskaavalla ohjataan hulevesien hallinnan yleiset periaatteet sekä suunnitellaan hulevesivalunnan reitit ja valuma-aluekohtaiset menetelmät. Yleiskaavassa varataan myös alueet tulva- ja ylivuotoreiteille. Yleiskaava-alueiden suunnittelussa pyritään vaikuttamaan laajan alueen hulevesijärjestelmän toimivuuteen myös poikkeustilanteissa. Suunnittelun lähtökohtana ovat maankäytön aiheuttamat muutokset. (Suomen Kuntaliitto 2012, s.23)

Asemakaavatasolla hulevesien hallinnan suunnittelu tarkentuu yksityiskohtaiselle tasolle, jolloin alueen maisemarakenteesta ja topografiasta kerätään tietoa

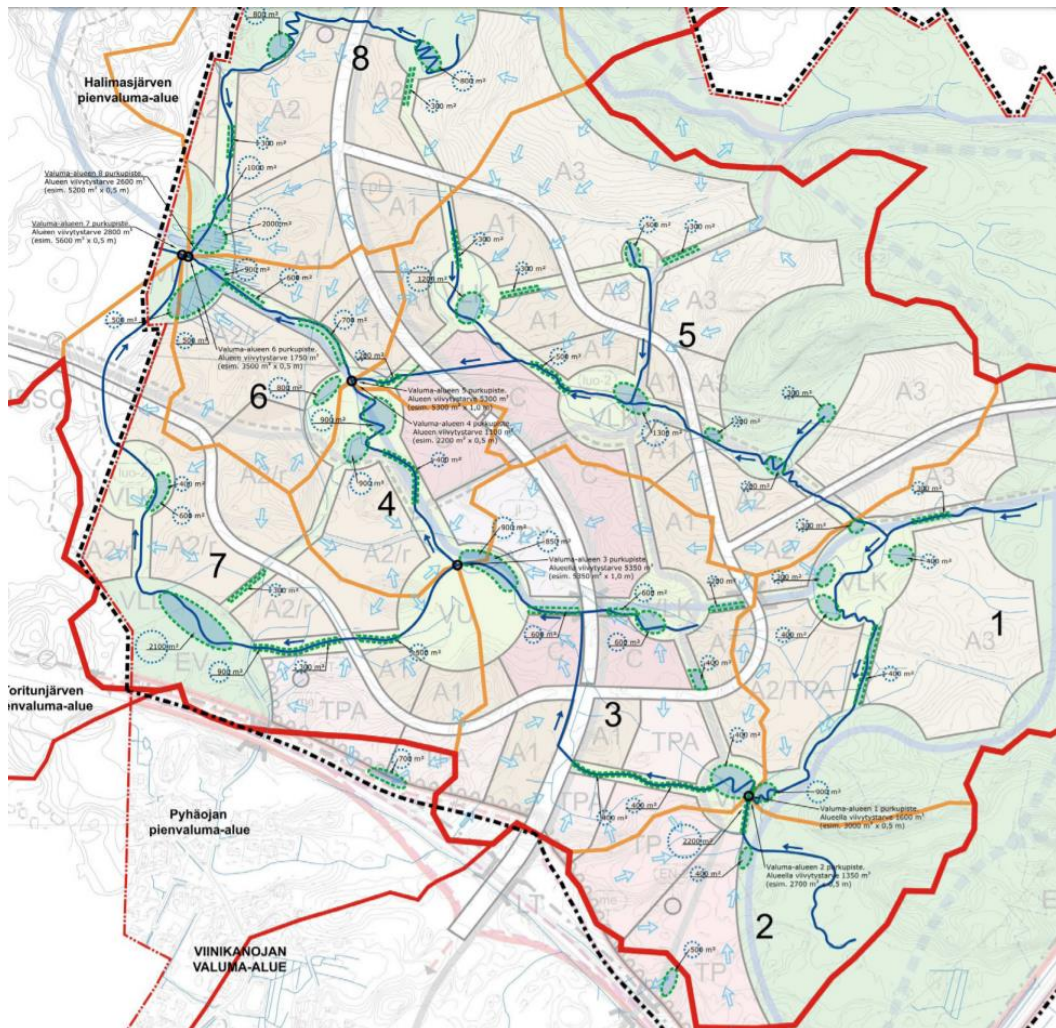
käytännön teknistä toteuttamista varten. Asemakaavassa määritetään tonttialueiden rakennettavat ja rakentamatta jätettävät alueet. Kortteli- ja kiinteistökohtaisilla kaavamääräyksillä voidaan osoittaa hulevesien hallintaan soveltuvat alueet. Hulevesien kiinteistökohtaisia ohjeita ja määräyksiä voidaan antaa asemakaavassa esim. hulevesien viivytämistä, imeyttämistä tai käsittelyä varten. Asemakaavamääräysten perusteena voivat olla kaava-alueella muodostuvien hulevesien määrä sekä valuma- ja tulvareitit. Usein vältetään liian tiukkojen asemakaavamääräyksien antamista, jotta kiinteistöillä ei rajoitettaisi liikaa käytettävien menetelmien kirjoa. (Suomen Kuntaliitto 2012) Asemakaavoituksesta lähtien tulee kuitenkin pyrkiä harkittujen, toteuttamiskelpoisten ja sitovien määräyksien esittämiseen. Suosituksilla ei saada aikaan haluttuja toimenpiteitä.



Kuva 9. Hulevesien hallinnan suunnitteluprosessin hierarkia.

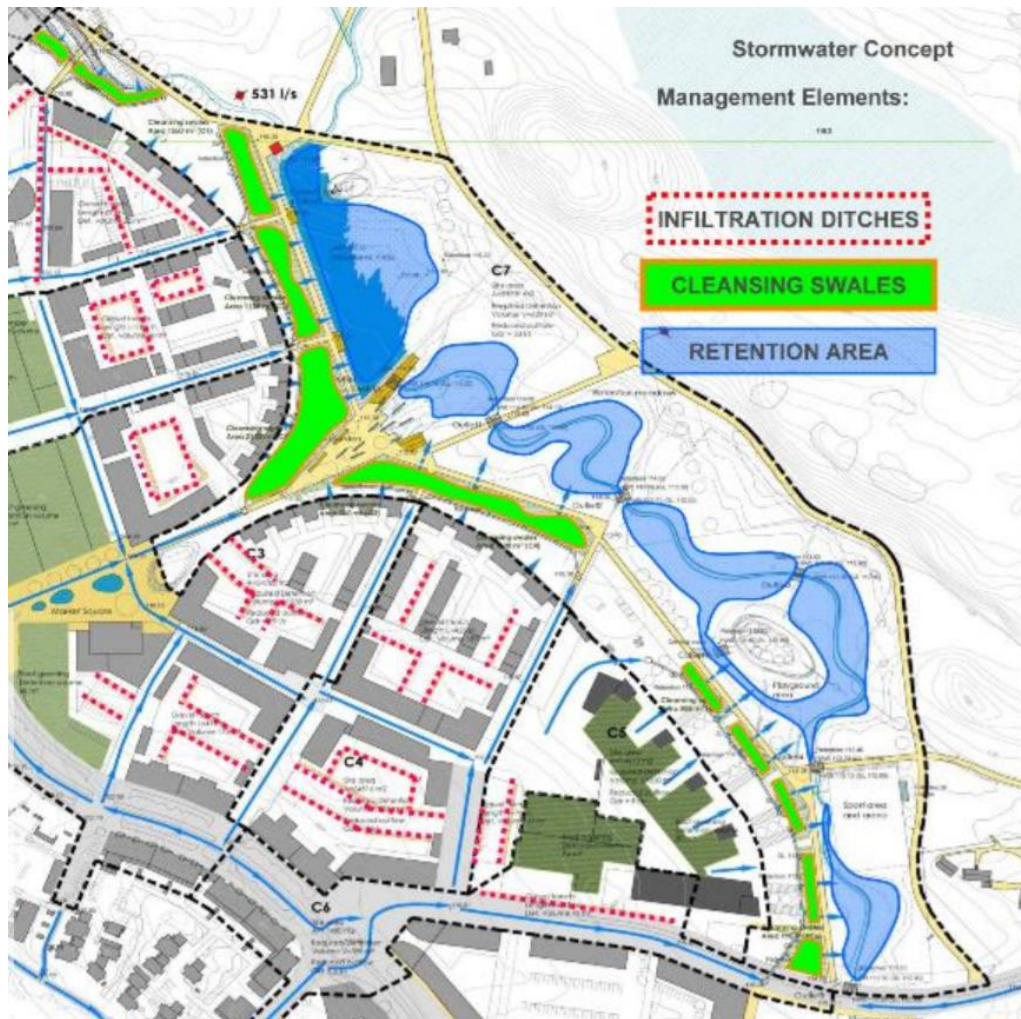
Alla kuvassa 10 on Kangasalan Lamminrahkan osayleiskaavan hulevesiselvitys, jossa on suunniteltu viheralueille toteutettava hulevesien viivyttäminen ja johtaminen valuma-alueittain. Jokaiselle valuma-alueelle on määritelty niillä

viivytettävä hulevesimäärä ja toteutettavien rakenteiden pinta-ala riittävien tilavarausten tekemiseksi. (Kangasalan kunta 2014)



Kuva 10. Hulevesien hallinnan suunnittelu valuma-alueittain (Kangasalan kunta 2014)

Kuvassa 11 on esimerkki asemakaavatasoisesta hulevesisuunnitelmasta, jossa on esitetty toteutettavat rakenteet ja niiden sijoittuminen suunnittelualueelle. Esimerkissä hulevesien hallinta on toteutettu vaiheittain ja prioriteettijärjestyksen mukaisesti lähellä hulevesien muodostumisalueita.



Kuva 11. Tampereen Vuorekseen suunniteltu kaupunkitulvia ehkäisevä, kiinteistökohtaiset ratkaisut alueelliseen järjestelmään yhdistävä kokonaisuus (Hyöty 2008).

7.2 Hulevesien hallinnan vaikutusalue

Hulevesien hallintaa toteutetaan maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti asemakaava-alueella tai tätä laajemmalla, kunnan määrittelemällä hulevesijärjestelmän vaikutusalueella. Vaasan kaupunki on päivittänyt hulevesijärjestelmän vaikutusalueen vuonna 2015 (liite 2). Vaasan kaupungin hulevesijärjestelmän vaikutusalueella voidaan erottaa seuraavat aluetyypit, joissa muodostuvia hulevesiä hallitaan:

- tiivis keskusta
- kauppakeskittymät
- teollisuuskeskittymät

- asuminen
 - kerrostaloalueet
 - rivitaloalueet
 - omakotialueet

Edellä mainituista aluetyypeistä haasteellisimpia hulevesien muodostumisen ja niiden hallinnan kannalta ovat tiivis keskusta, kauppakeskittymät, teollisuuskeskittymät sekä mahdollisesti kerrostaloalueet, mikäli ne ovat laajoja ja/tai sijoittuvat tiiviiseen keskustaan tai sen läheisyyteen. Näillä alueilla on paljon läpäisemätöntä pintaa ja vähän huleveden määrää vähentäviä viheralueita, minkä vuoksi veden valunta on nopeaa ja hulevesien muodostuminen runsasta. Iso osa Vaasan hulevesien hallinnan vaikutusalueesta koostuu kuitenkin maankäytöltään väljemmin rakennetuista alueista. Näillä alueilla on vähän ongelmia ja ne ovat paikallisesti hallittavissa. Tämän vuoksi työssä on keskitytty esittämään ratkaisuja hulevesien hallinnan kannalta haasteellisimmille alueille, joissa nykyiset ongelma-alueet sijaitsevat. Samoja periaatteita voidaan hyödyntää myös väljemmillä asumisen alueilla.

7.3 Erilliskysymykset

Hulevesien hallintaan liittyy erilliskysymyksiä, jotka tulee huomioida hallinnan kaikilla tasoilla suunnittelusta aina rakenteiden kunnossapitoon asti. Seuraavissa alakappaleissa käsiteltävät erilliskysymykset liittyvät avoimien rakenteiden edistämiseen, hulevesien huomioimiseen resurssina sekä talviolosuhteisiin.

7.3.1 Avoimien rakenteiden edistäminen

Maankäyttö- ja rakennuslaissa on esitetty hulevesien hallinnan yleiset tavoitteet, joista osa voidaan toteuttaa tarkoituksenmukaisesti avoimilla rakenteilla. (L 22.8.2014/682, 13 a luku 103 c §) Jatkuvasti muuttuvat maankäytölliset ja ilmastolliset olosuhteet saavat aikaan sen, että pelkällä hulevesiviemäroinnillä ei voida kaupungin mittakaavassa riittävällä tasolla ja riittävän pitkällä aikajänteellä tehokkaasti hallita hulevesiä. Samasta syystä pelkkä mitoitussateiden rajoissa

tapahtuva hulevesien hallinta on tulevaisuudessa riittämätöntä. (Suomen kuntaliitto 2012)

Osa avoimista rakenteista vaatii paljon maapinta-alaa. Hajautetusti, rakennettuun ympäristöön soveltuvassa mittakaavassa toteutetuille ratkaisuille, on laajoja keskitettyjä järjestelmiä helpompi löytää tilaa. (Havulinna 2015) Avoimille rakenteille voidaan turvata riittävät tilavaraukset, ottamalla hulevedet huomioon osana edellä kuvattua yleis- ja asemakaavatasoista ennakointia suunnittelua. Suunnitteluprosessista lähtevä hulevesien huomiointi edistää rakenteiden systemaattista toteuttamista. Tällöin voidaan muodostaa hulevesien hallinnan kokonaisuus, jossa avoimet rakenteet muodostavat pääosan hulevesien hallintajärjestelmästä. Sopivilla suunnittelullisilla keinoilla voidaan toteuttaa elinkaareltaan pitkiä, vähän kunnossapitoa vaativia avoimia rakenteita, jotka voivat tarjota hulevesien hallinnan lisäksi lukuisia muita, kaupunkikuvallisia ja virkistyskäyttöisiä hyötyjä. (Ariluoma 2012, Suomen kuntaliitto 2012) Koko prosessin ajan on tärkeä muistaa, että viihtyisien kaupunkiympäristöjen luominen on aina maankäytön suunnittelun tavoitteena.

Avoimien rakenteiden teknisellä rakentamisella pyritään minimoimaan maankäytöllä aiheutettujen, olemassa olevien ongelmakohteiden haitallisuus rakennetun ympäristön kannalta. Jo rakennetuilla alueilla avoimilla rakenteilla voidaan parantaa viemäroinnin kapasiteettia ja poikkeustilanteiden hallintaa (Havulinna 2015). Vastaavasti, uusilla maankäytön alueilla voidaan ennaltaehkäistä ongelmakohteiden muodostumista ja vähentää alueiden tulvimisherkkyyttä hajautetusti valuma-alueittain toteutetuilla avoimilla rakenteilla. Näillä toimilla voidaan ennakoida rakentamisen tuomia muutoksia alueen luonnolliseen hydrologiaan.

Käytännön toteutukset sijoittuvat tulevaisuudessa kaupungin yleisille alueille ja kiinteistöille, painopisteenä edellisessä luvussa mainitut kriittiset kohteet. Hulevesiä voidaan hallita niiden syntypaikoilta aina purkuvesistölle asti. Yleisten alueiden hulevesien hallintarakenteet ovat välttämättömiä, sillä ne voidaan toteuttaa soveltuviksi vaihteleville ja suurillekin vesimäärille. (Suomen Kuntaliitto 2012) Yksittäisellä kiinteistöllä voidaan usein viivyttää hulevettä mitoitussateiden

rajoissa ja vaikuttaa kasvillisuuden ja pintamateriaalien valinnalla muodostuvan huleveden määrään sitä vähentäen. Vaikuttavuus muodostuu merkittäväksi, kun kiinteistökohtaisia ratkaisuja toteutetaan usealla kiinteistöllä saman valuma-alueen sisällä. Yhtenäisesti asemakaava-alueella toteutettuina ratkaisut vähentävät veden kerääntymisalueille kertyvän huleveden määrää ja tätä kautta turvaavat kunnan hulevesijärjestelmän toimivuuden rankkasateiden aikana.

7.3.2 Hulevesi resurssina

Hulevesien hallintarakenteiden ensisijainen tehtävä on turvata toimiva rakennusten perustusten kuivatus johtamalla hulevedet hallitusti pois rakennusten läheisyydestä ja estää aineellisten vahinkojen syntyminen (Suomen kuntaliitto 2012). Avoimiin rakenteisiin perustuvilla huleveden hallintajärjestelmillä voidaan vähentää hulevesiriskialueiden määrää ja siten vastata tähän tarpeeseen. Samaan aikaan toimivan suunnittelun avulla vesiaiheita voidaan turvallisesti tuoda osaksi rakennettua ympäristöä (kuva 12).

Avoimilla huleveden hallintarakenteilla vettä voidaan hyödyntää rakennetun ympäristön näkyvänä osana ja näin edistää kaupunkiympäristön viihtyisyyttä sekä virkistyksellisiä arvoja. Samalla edistetään veden luontaista kiertoa ja mahdollistetaan kasvulliset alueet rakennetussa ympäristössä. Huleveden avulla voidaan monipuolistaa viheralueita ja tehdä niistä arvokkaampia paikallisia resursseja. Kaupungeissa hulevesiä voidaan hyödyntää myös kasteluvetenä yleisillä alueilla ja yksityisillä kiinteistöillä (kuva 13a ja 13b). Avoimien rakenteiden laaja-alaisella käytöllä mahdollistetaan luonnon perustoiminnot ja luonnon elementeistä hyötyminen myös keskellä rakennettua kaupunkiympäristöä. Samalla saadaan aikaan moni-ilmeisempi kaupunkiympäristö, joka pitkällä aikavälillä vahvistaa kaupungin sietokykyä esimerkiksi ilmastonmuutosta vastaan. (Suomen kuntaliitto 2012)

Huomioimalla paikalliset olosuhteet voidaan minimoida hulevesien hallinnasta aiheutuvat kustannukset ja maksimoida saavutettavat hyödyt. Paikallisten luontotyyppien suosimisella saadaan aikaan ympäristöjä, jotka eivät vaadi intensiivistä kunnossapitoa (kuva 12). Saavutettavat hyödyt muodostuvat suhteessa

merkittävämmiksi, kun rakentamiseen ja kunnossapitoon ei tarvitse käyttää suuria määriä taloudellisia resursseja. (Ariluoma 2012)



Kuva 12. Lähelle rakennuksia perustettu lammikko (Rättyä 2015).



Kuva 13a ja 13b. Hulevesien hyödyntämistä (Kuvat: PicBon, Outi Tahvonen).

7.3.3 Talviolosuhteiden vaikutukset

Ilmastonmuutoksen edetessä talviset vesisateet yleistyvät ja sateet myös painottuvat talvikuukausiin. Lämpötilan vaihdellessa nollan molemmin puolin, lumi sataa ja sulaa useaan otteeseen talven aikana. Lämpötilan vaihtelun myötä vesisateet ovat tavallisia, mutta samalla myös toistuva pintojen ja rakenteiden jäätyminen on huomioitava. Jään muodostuminen tuo merkittävän haasteen hulevesien hallinnalle ja rakenteiden kunnossapidolle niin avoimien rakenteiden, kuin hulevesiviemäriverkostonkin kannalta. (Suomen Kuntaliitto 2012, s. 101)

Talviolosuhteissa tapahtuvaa valuntaa lisää maan routaantuminen ja jäätyminen. Tämä korostuu varsinkin väljillä alueilla, missä suurin valunta painottuu lumen sulamisen ajankohtaan (Sänkiaho & Sillanpää 2012). Vaikka lumen sulaminen tuottaa ajoittain suuren valunnan, sulamisen intensiteetti on alhainen, minkä vuoksi kiinteistökohtaisten rakenteiden ja viemäreiden mitoituksessa tulee edelleen käyttää rankkasateita. (Suomen Kuntaliitto 2012, s.101, 108-109)

Jään ja roudan muodostumisen lisäksi talviolosuhteissa huomioitavia asioita ovat maan vettyminen, lumen varastointi ja sen sulaminen sekä liukkaudentorjunta. Käytännössä talviolosuhteet vaikuttavat kaikkien huleveden hallintaratkaisujen toimintaan. Näin ollen on tärkeää keskittyä talviolosuhteiden huomioimiseen rakenteiden suunnittelussa. Jotkin ratkaisut pystytään silti toisia paremmin soveltamaan myös talviolosuhteissa toimiviksi ja ne säilyttävät toimintakykynsä paremmin vaatien myös vähemmän kunnossapitoa (kuva 14). Huleveden määrää vähentävät rakenteet ja elementit toimivat huonoiten talviolosuhteissa, eikä tätä voida suunnittelullisin keinoin merkittävästi muuttaa. (Suomen kuntaliitto 2012, s.290)

Menetelmien soveltuvuus talviolosuhteisiin	
	Soveltuvuus talviaikaisten hulevesien hallintaan
Hulevesien vähentäminen	
Läpäisevät päällysteet	1
Viherkatot	1
Imeytyskaivannot	2
Imeytyspainanteet	2
Hulevesien johtaminen	
Kourut	1
Viherpainanteet	2
Rakennetut kanavat ja purot	2
Hulevesien viivyttäminen	
Kosteikot	3
Lammikot	3
Viivytysohjatimet	2
Viivytysohjatimet ja -säiliöt	2

Taulukko 14- 12 Menetelmien soveltuvuus talviolosuhteisiin.

- 3** Soveltuu hyvin kylmään ilmastoon, voi toimia tehokkaasti myös talvella
2 Voidaan käyttää myös talvella jos tämä on otettu huomioon suunnittelussa, keskitasoinen tehokkuus.
1 Toimivuus talvella on heikko.

Kuva 14. Avoimien rakenteiden soveltuvuus talviolosuhteisiin (Suomen kuntaliitto 2012).

Talviolosuhteet tulee huomioida kasvillisuuden valinnassa. Ikivihreät havupuut ja -pensaat vaikuttavat tehokkaimmin hulevesien hallintaan talvikuukausina. Toisaalta ruohovartiset kasvit kestävät hyvin lumen painoa, kun taas pensaat kestävät sitä huonommin. Tämä tulee huomioida varsinkin katujen varteen sijoitettavissa painanteissa ja muissa lumen varastointiin käytettävissä rakenteissa. (Wahlroos 2018)

Talvikuukausien aikainen huleveden hallintarakenteiden toiminta voidaan turvata talven aikana toteutettavilla kunnossapitotoimilla sekä lumen sulamisvaiheessa valuntareittien toiminnan turvaamisella. Veden jäätyminen rakenteisiin voidaan estää erilaisin suunnittelullisin ja kunnossapidollisin keinoin. Lumen varastoinnin kannalta on otettava huomioon virtausreittien vapaana pysyminen. Lunta ei myöskään tule varastoida hulevettä viivyttävissä rakenteissa, koska tällöin sulamisvesien valunta rakenteeseen rajoittuu tai mahdollisesti kokonaan estyy. Kun

lunta varastoidaan väljemmillä alueilla hajautetusti, lumen sulaessa ei aiheuteta yksittäisten alueiden kuormittumista. Poikkeuksena ovat lumen varastointiin suunnitellut lumen keräyspaikat. (Suomen Kuntaliitto 2012)

Talviolosuhteissa järjestelmän kytkeytyneisyyden merkitys korostuu, jotta voidaan varmistaa järjestelmän toimivuus ja estää taloudelliset vahingot myös osan hallintarakenteista toimiessa puutteellisesti. Parhaiten talviolosuhteissa toimivat rakenteet tulee kohdistaa kriittisimpiin kohteisiin. (Suomen Kuntaliitto 2012, s.183) Yleisille alueille ja laajoille kiinteistöille soveltuvat laajemmat kosteikot ja lammikot tuovat suurimman hyödyn talvikuukausien aikana lumen sulamisvaiheessa. Tämä edellyttää, että liittymät lähialueilta keskitettyihin järjestelmiin ovat kunnossa.

Kuvassa 15 on esimerkki loivaluiskaisesta, leveästä hulevesiä johtavasta ja viivyttävästä painanteesta. Kuvan mukainen rakenne edistää talvikuukausien huleveden hallintaa mahdollistamalla lumen varastoimisen siten, että samalla voidaan turvata sulamisvesille vapaa virtausreitti rakenteen pohjalla. (Suomen kuntaliitto 2012, s.171) Leveä, vesisyvyydeltään matala painanne palvelee myös virkistyksestä- sekä turvallisuuskulmasta syvää ja jyrkkäreunaista ojaa paremmin (Ilmastonkestävä kaupunki 2014a). Painanteen oikeanpuoleisella luiskalla on nähtävissä myös ylivuodoksi tarkoitettu hulevesikaivo, mikä edistää rakenteen toimintavarmuutta. Painanteiden ja lammikoiden soveltuvuutta talviolosuhteisiin voidaan parantaa toteuttamalla pohjat vettä läpäisevällä materiaalilla sekä salaojalla. Tämä mahdollistaa rakenteen kuivattamisen ennen talvea. (Inha 2010)



Kuva 15. Hulevesiä johtava ja viivyttävä painanne (Ilmastonkestävä kaupunki 2014a).

7.4 Rakenteiden suunnittelussa huomioitavia asioita

Huleveden hallintamenetelmien soveltuvuuden arviointi suunnittelualueelle on merkittävä osa kaavoitusprosessia. Esimerkiksi eri tyyppisille viivyttävälle ratkaisuille on kaupunkiympäristössä suunniteltava niille parhaiten soveltuvat sijainnit. Hulevesien muodostumispaikoissa ja niiden lähellä sijaitsevilla yleisillä alueilla viivyttävien rakenteiden on oltava tietyssä ajassa tyhjeneviä/tyhjennettäviä. Tällöin rakenteen viivytysskapasiteetti on käytössä sadetilanteiden aikana, eikä rakenteiden tarvitse olla kooltaan suuria. Veden luontaisilla kerääntymisalueilla puistoissa ja viheralueilla voidaan toteuttaa hulevesilammikoita tai kosteikkoja, jotka on mitoitettu pysyvän vesipinnan lisäksi viivyttäviksi. (Suomen Kuntaliitto 2012)

Lammikot ja kosteikot ovat esimerkkejä laajoista viivyttävistä rakenteista, jotka soveltuvat keskenään erilaisille alueille. Lammikot soveltuvat paremmin tiiviisti rakennettuun ympäristöön vieden kosteikkoja vähemmän maapinta-alaa. Kasvillisuuden määrä on toinen edellä mainittuja rakenteita erottava tekijä. Kasvillisuus on tärkeä huomioida ennen kaikkea virkistysarvon ja kunnossapidon kannalta. Hulevesirakenteiden kasvit tulisi pystyä hoitamaan alueen hoitoluokan mukaisesti (Ilmastonkestävä kaupunki 2014a). Lammikoihin muodostuu korkean vesipinnan takia vähemmän kasvillisuutta kuin matalaan kosteikkoon. Kosteikoilla sen sijaan pyritään hallittuun hoitamattomuuteen sekä kasvillisuuden ekologiseen sukkessioon. Kosteikon tyypillinen huoltoväli on siten noin kerran kymmenessä vuodessa. Näin ollen kosteikkoja tulee toteuttaa niille virkistysnäkökulmasta luontaisesti soveltuville alueille, jossa voidaan sallia vesiaiheen runsaskin kasvillisuus. (Ariluoma 2012, Wahlroos 2018, Suomen kuntaliitto 2012, Tajakka 2015)

Puistoalueilla ja muilla luonnontilaisemmilla viheralueilla ajoittain kuivat rakenteet voidaan toteuttaa kuvien 16a ja 16b mukaisesti niin, että kasvillisuuden leviäminen voidaan sallia. Keskeisellä sijainnilla, kaupungin keskustassa rakenteet, joissa ei ole pysyvää vesipintaa, tulee suunnitella niin, että ne ovat myös kuivina virkistysarvoltaan toimivia. Tästä on esimerkki kuvassa 17.



Kuva 16a ja 16b. Kuiva hulevesiuoma (PicBon, Lähde).



Kuva 17. Hulevesirakenne, joka ovat myös kuivana virkistysellinen elementti (Vento 2015).

Uuden kasvillisuuden istuttamisen lisäksi hulevesien hallinnan kannalta tulee huomioida myös olemassa oleva kasvillisuus. Tiiviisti rakennetussa ympäristössä, missä läpäisevää pintaa on hyvin rajoitetusti, tulee huomioida veden pääsy hulevettä imeyttäville ja viivyttävälle pinnoille. Tämä ei koske pelkästään huleveden hallintaan ensisijaisesti suunniteltuja ratkaisuja, vaan läpäiseviä ja vettä viivyttäviä pintoja laajemminkin. (Wahlroos 2018) Kuvien 18a ja 18b rakenteet ovat hyviä esimerkkejä tällaisista rakenneratkaisuista. Kuvat 18c ja 18d puolestaan esittävät esimerkkejä rakenneratkaisuista, joissa hulevesien pääsyä imeyttäville pinnoille ei ole huomioitu.



Kuva 18a, 18b, 18c ja 18d. Kasvillisuuden ja veden kontakti huomioituna (kuvat 18a ja 18b) sekä veden ja kasvillisuuden erottaminen (kuvat 18c ja 18d) (Wahlroos 2018, Ilmastonkestävä kaupunki 2014a, Helsingin kaupunki 2018c, Wahlroos 2018).

Kuvassa 19a on esitetty pysyvä vesiaihe, jonka virkistysarvoa laskee levän muodostuminen. Ongelman estämiseksi vesiaiheet tulisi toteuttaa kuvan 19b mukaisesti johtavien ja viivyttävien rakenteiden yhdistelminä, jolloin veden viive saadaan sopivan suuruiseksi, eikä rakenteen virkistysarvo kärsi.



Kuva 19a ja 19b. Esimerkkejä vesiaiheista, esimerkki 19a huonosti toteutettu (Wahlroos 2018, Halonen 2016).

Kunnossapidon näkökulmasta tulee huomioida myös rakenteiden ylivuodot ja niiden sijoittaminen. Kuvassa 20 on esimerkki kunnossapidon näkökulmasta hankalaan paikkaan sijoitetusta hulevesikaivosta.



Kuva 20. Ylivuotokaivo sijoitettuna hankalaan paikkaan (Wahlroos 2018).

7.5 Hulevesien hallintarakenteiden esimerkkejä eri maankäytön alueille

Hulevesien hallinnan ongelma- ja riskikohteet sijoittuvat Vaasan kaupungissa tiiviisti rakennetun keskustan alueelle, laajoille kiinteistöille sekä suurten kiinteistöjen keskittymiin. Näillä alueilla on tarve hallita hulevesiä paikallisesti. Laajoilla kiinteistöillä siihen on myös hyvät edellytykset. Tiiviisti rakennetussa keskustassa jopa 70 prosenttia hulevesistä syntyy kiinteistöillä (Åkerman 2016). Tiiviissä keskustassa korostuu systemaattinen kiinteistökohtaisten avoimien rakenteiden toteuttamisen merkitys pienien tonttikokojen vuoksi. Tämän kappaleen alaluvuissa esitetään esimerkkejä rakenneratkaisuista maankäyttö- ja rakennuslain mukaisessa prioriteettijärjestyksessä näille ongelma-alueille. Esimerkkiratkaisuja esitetään myös kaupungin yleisille alueille.

Hulevesistä aiheutuvat ongelmat ilmenevät edellä mainittujen alueiden läheisyydessä sijaitsevilla maisemarakenteen mukaisilla alavilla veden kerääntymisalueilla. Suurin osa Vaasan keskusta-alueen viheralueista sijoittuu näille veden kerääntymisalueille. (Vaasan kaupunki 2015) Näin ollen hulevesiä voidaan toimivasti hallita kaupungin yleisillä alueilla. Veden kerääntymisalueiden lisäksi hulevesien hallintaan voidaan tehdä tilavarauksia asemakaavassa kaupungin muillekin yleisille alueille esimerkiksi olemassa olevien avo-ojien läheisyyteen sekä muille viheralueille (Suomen Kuntaliitto 2012). Yleisistä alueista prioriteettijärjestyksen mukaisesti ensisijaisia ovat kiinteistön lähiympäristöön sijoittuvat alueet ja toissijaisia kauempana sijaitsevat yleiset alueet.

Huleveden hallintarakenteiden merkittävimmät toiminnalliset heikkoudet kohdistuvat rakenteiden toimivuuteen talvella, lumen varastointiin, tulvasuojeluun sekä kunnossapitoon. Nämä avoimien rakenteiden toiminnalliset rajoitteet on huomioitu esimerkkiratkaisuja valikoitaessa. Talvella parhaiten toimivia rakenteita ja samalla parhaiten tulvasuojeluun soveltuvia ratkaisuja ovat viivyttävät kosteikot, altaat ja lammikot. Kunnossapidon kannalta kaikkein toimivimpia ovat huleveden johtamiseen tarkoitetut rakenteet. (Ilmastonkestävä kaupunki 2014b)

7.5.1 Huleveden määrän vähentäminen

Hulevesien muodostumista voidaan estää lisäämällä läpäisevän pinnan määrää rakennetussa ympäristössä. Läpäisevän pinnan määrän lisäksi on huomioitava se, kuinka merkittävästi kyseinen pinta imeyttää, haihduttaa ja viivyttää hulevesiä.

Kuvan 21 esimerkissä on toteutettu tiiviisti rakennettuun ympäristöön läpäisevää pintaa. Tällaisia ratkaisuja voidaan toteuttaa, kun hulevesien hallinta otetaan lähtökohdaksi jo suunnitteluprosessin alussa. Myös saneerauksien yhteydessä kiinteistön läpäisemättömiä pintoja voidaan vaihtaa läpäiseviksi. Tämä voi olla kustannuksiltaan kilpailukykyinen ratkaisu (Ilmastonkestävä kaupunki 2013).

Laajoilla kiinteistöillä pihan päällystämiseen voidaan käyttää kuvan 22 mukaisesti soraa asfaltin sijaan. Kiinteistön liikennöimättömille osille voidaan toteuttaa kuvan mukaisia kasvillisuusaarekkeita, joissa hyödynnetään muodostuneita hulevesiä.

Yleisillä alueilla hulevesien määrää voidaan vähentää kuvan 23 mukaisesti runsaalla kasvillisuudella. Kokonaisuus mahdollistaa myös hulevesien viivyttämisen ja imeyttämisen soveltuvilla alueilla. Tämän tyyppinen ratkaisu toimii merkittävänä paikallisena resurssina virkistysnäkökulmasta.



Kuva 21. Läpäisevää pintaa sovellettuna kerrostaloalueella (Ariluoma 2018).



Kuva 22. Läpäisevää pintaa soran ja kasvillisuuden keinoin (ekopiha.info).



Kuva 23. Hulevesiä vähentävä ja viivyttävä puistokokonaisuus (GHB Landskabsarkitekter).

7.5.2 Hulevettä viivyttävät rakenteet

Poikkeuksellisten rankkasateiden ja läpäisemättömän pinnan määrän lisääntyessä, hulevesien hallintajärjestelmään tarvitaan viivyttäviä rakenteita paikallisella ja alueellisella tasolla. Hulevesien viivyttäminen on kustannustehokas vaihtoehto putkikoon kasvattamiselle (Ilmastonkestävä kaupunki 2013).

Laajoille kiinteistöille voidaan perustaa hulevesilammikoita tai kosteikkoja, kuten kuvassa 24. Samanlaisia rakenteita voidaan hyödyntää kaupungin yleisillä alueilla. Tämän tyyppisillä ratkaisulla vaikutetaan merkittävästi yleisten alueiden rakenteiden sekä hulevesiviemäreiden kapasiteetteihin ja paikallisten tulvatilanteiden hallintaan. Samanaikaisesti tulee kuitenkin turvata rakennusten perustusten kuivatus.

Tiiviissä keskustassa viivyttämisellä voidaan vähentää ongelma-alueille valuvan huleveden määrää. Kuvassa 25 on esimerkki tiiviiseen kaupunkiympäristöön sovellettavissa olevasta hulevesiä viivyttävästä ja johtavasta rakenteesta.

Yleisillä alueilla voidaan keskittyä laajojen viivyttävien kokonaisuuksien toteuttamiseen. Kuvan 26 rakenne soveltuu veden luontaisille kerääntymisalueille paikkoihin, joissa voidaan sallia rakenteen runsas kasvillisuus.



Kuva 24. Laajan kiinteistön hulevesilammikko (Omaha Stormwater).



Kuva 25. Hulevesiä viivyttävä rakenne (Atelier Dreiseitl).



Kuva 26. Viivyttävä kosteikko/tulva-alue (Kuva: Picbon).

7.5.3 Hulevettä johtavat rakenteet

Avoimilla huleveden johtamisjärjestelmillä voidaan osittain korvata hulevesiviemäreitä maankäytön sallimissa rajoissa. Avoimet rakenteet ovat hulevesiviemäriin verrattuna vähemmän tulvimisherkkiä. Hulevesiä johtaviin avoimiin rakenteisiin voidaan helposti ja edullisin kustannuksin lisätä viivytävää tilavuutta esimerkiksi pohjapatojen avulla. Hulevesiviemäreiden tapaan johtavia rakenteita voidaan toteuttaa eri mittakaavoissa, mikä tekee niistä soveltuvia useille erilaisille maankäytön alueille.

Kuvassa 27 on esimerkki laajalla kiinteistöllä toteutetusta hulevesiä johtavasta ja viivytävästä rakenteesta. Kyseinen rakenne viivyttaa hulevesiä monivaiheisesti, mikä edistää painanteen kapasiteetin riittävyyttä myös suuremmilla sademäärillä.

Kuvassa 28 on esimerkki tiiviiseen kaupunkiympäristöön, kiinteistöjen läheisille yleisille alueille toteutetusta rakenteesta, joka toimii hulevesien tulvareittinä lähellä ongelmakohteita. Rakenne voidaan toteuttaa kuvan mukaisesti monikäyttöisenä, mikä edistää sen soveltuvuutta osaksi rakennettua ympäristöä.

Avo-ojien osalta tavoiteltavaa on, että niissä toteutetaan samanaikaisesti tarvittavilta osin hulevesien viivytämistä. Kuvissa 29a ja 29b on esimerkkejä erilaisissa ympäristöissä toteutetuista hulevettä johtavista avoimista rakenteista ja niiden viivytävää vaikutusta edistävästä rakenteista ja kasvillisuudesta.



Kuva 27. Paikoitusalueen viherpainanne (SMC).



Kuva 28. Kööpenhaminaan suunniteltu tulvapainanne (Atelier Dreiseitl 2013 mukaan).



Kuva 29a ja 29b. Huleveden viivettä kasvattavia avo-ojia (Riekkä 2012, Sirkiä 2016).

7.5.4 Hulevesiviemärointi avoimen rakenteen osana

Avoimilla huleveden hallintarakenteilla pyritään laadukkaaseen ja pitkälle kehitettyyn suunniteltuun kokonaisuuteen. Hulevesiviemärointiä kuitenkin tarvitaan yhä, varsinkin tiiveimmin rakennetuilla alueilla. Viemärointiä voidaan myös hyödyntää osana avoimia rakenteita esimerkiksi ylivuotorakenteena. Niiden merkitys korostuu suuria vesimääriä viivyttävissä rakenteissa. (Suomen kuntaliitto 2012)

Laajoille rakenteille varataan mahdollisuus ylivuodolle esimerkiksi hulevesikaivolla (kuva 30). Ylivuotorakenteet vaativat kunnossapitoa, mikä tulee huomioida niiden sijoittamisessa. Sopivaan kohtaan sijoitettu ylivuoto myös edistää hulevesien viivyttämistä rakenteessa. (Suomen kuntaliitto 2012)

Kuvan 31 esimerkissä on hyödynnetty hulevesiviemärointiä huleveden tuloreittinä tiivisti rakennettuun ympäristöön toteutetussa hulevesirakenteessa.

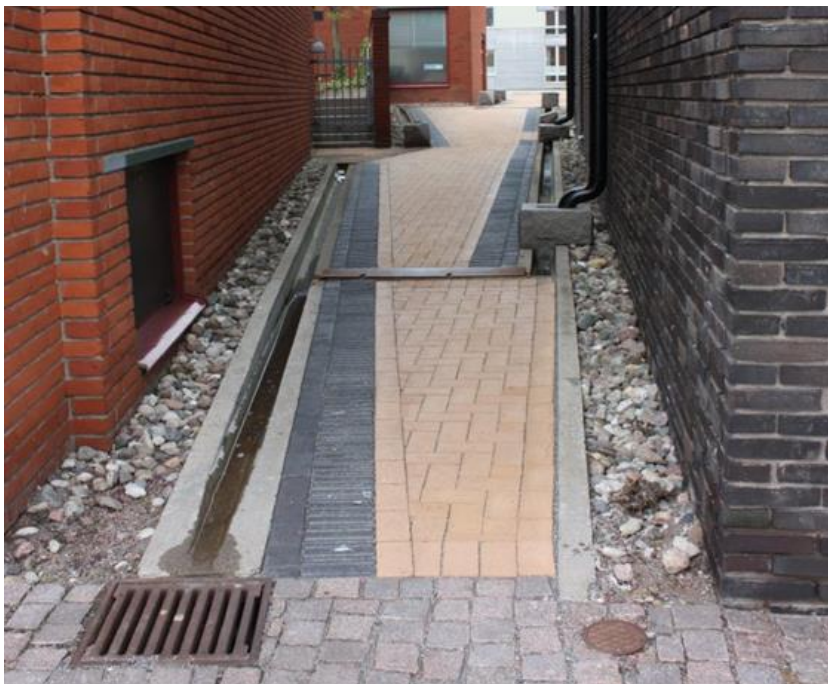
Uusilla kiinteistöillä voidaan rakentaa tonttitason hulevesiviemäreiden sijaan maan pinnalla kouruja tai painanteita (kuva 32) tiiviisti rakennetuilla alueilla. Koururakenteet vaativat säännöllistä kunnossapitoa talvikuukausina. Tähän voidaan kuitenkin vaikuttaa suunnittelullisin keinoin. (Suomen kuntaliitto 2012, s.171).



Kuva 30. Avoimen hulevesiuoman ylivuotorakenne (Pöyry Oyj 2016).



Kuva 31. Hulevesiviemäri ja avoin rakenne (Jyväskylän kaupunki 2014).



Kuva 32. Hulevesien johtamista koururakenteilla viemäröitäviksi (Elo 2018).

7.6 Vaikuttavuuden vertailua

Vaikuttavuudeltaan merkittävä hulevesien hallinnan kokonaisuus edellyttää hulevesien huomioimista suunnittelun alusta lähtien suunnitteluprosessin kaikilla tasoilla alueellisesti ja paikallisesti. Tässä työssä vaikuttavuutta arvioidaan hulevesien hallintarakenteen toteutuspaikan ja toteutetun rakennetyypin perusteella, sekä taloudellisesta näkökulmasta. Vaikuttavuus voi perustua suunnittelun myötä ongelmien ennaltaehkäisyyn uusilla maankäytön alueilla tai ratkaisujen tekniseen rakentamiseen olemassa olevilla ongelma-alueilla. Yksittäisten kiinteistöjen tasolla korostuvat suurikokoisemmat, väljästi rakennetut kiinteistöt. Kaavamääräyksien ja vihertehokkuuden laskennan avulla voidaan edistää toimivien rakenteiden toteuttamista riittävän suurella määrällä kiinteistöjä, jolloin pienemmilläkin kiinteistöillä toteutetut rakenteet tuovat tehokkuutta kokonaisuuteen. Yleisillä alueilla on järkevää keskittyä poikkeustilanteiden hallintaan (Havulinna 2015).

Viivyttäminen on sekä alueellisesti, että paikallisesti hulevesien hallinnan periaate, jolla saadaan aikaan merkittävintä vaikuttavuutta. Viivyttämisessä ovat tärkeitä yhtenäiset osakokonaisuudet, joissa hulevesiä viivytetään useassa vaiheessa, syntypaikoilta aina purkuvesistölle asti. Asemakaavamääräyksenä voidaan asettaa viivytyksvaatimuksia kiinteistöille. Viivytyksvaatimuksien määrittämisellä pystytään liittämään kiinteistökohtaiset viivyttävät rakenteet suunnittelutasolta lähtien osaksi hulevesien hallinnan kokonaisuutta (Ilmastonkestävä kaupunki 2014c). Kiinteistöjen viivytyksvaatimukset mitoitetaan valuma-alueella muodostuvan kokonaishulevesimäärän mukaan. Arvion hulevesien kokonaismäärästä tulee perustua hulevesiselvitykseen. (Kangasalan kunta 2014) Kiinteistökohtaiseksi viivytyksvelvoitteeksi voidaan asettaa $1 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$ läpäisemätöntä pintaa, mikäli vedet johdetaan eteenpäin keskitettyyn viivyttävään järjestelmään. Mikäli hulevesiä viivytetään vain paikallisesti, viivytyksvelvoite voidaan kaksinkertaistaa. (Sito Oy 2016) Viivyttävien rakenteiden kohdalla on tärkeää huomioida myös rakenteen tyhjenemisaika, sillä pysyvän vesipinnan rakenteita ei voida huomioida osana viivyttävää tilavuutta (Suomen kuntaliitto 2012). Tämän vuoksi tulee suosia rakenteita, jotka voidaan toteuttaa vesipinnan korkeuden suhteen joustavina.

Huleveden hallintarakenteiden vaikuttavuutta tulee tarkastella myös taloudellisesta näkökulmasta. Kustannukset on tärkeä huomioida suunnittelun alusta lähtien. Esimerkiksi kunnossapidon tarve ja siten sen vaatimat resurssit eroavat merkittävästi eri rakenneratkaisujen välillä. Hulevesien hallinnan kustannukset koostuvat rakenteen koko elinkaaren ajalta järjestelmien rakentamiskustannuksista ja niiden käytön aikaisista kunnossapitokustannuksista sekä mahdollisista saneerauskustannuksista. Kustannuksia voidaan verrata rakenteilla saatavaan hyötyyn ja tarkastella kustannuksia elinkaarinäkökulmasta. Kustannuksien ja hyötyjen vertaaminen edistää monipuolisten hyötyjen saavuttamista. (Suomen kuntaliitto 2012, iWater 2018) Joidenkin rakenteiden toteuttaminen voi olla perusteltua niiden tarjoaman kaupunkikuvan ja virkistysarvon tuoman lisäarvon takia. Tällöin rakenteeseen voidaan investoida enemmän, koska saavutettavat hyödyt ovat monipuolisemmat. Tämä korostuu etenkin keskustan virkistysalueilla ja puistoissa. Elinkaarinäkökulmasta pitkäikäiset, vähäistä ylläpitoa vaativat rakenteet ovat mahdollisesti suurista alkuinvestoinneistaan huolimatta kannattavia toteuttaa.

Taulukosta 1 nähdään, että suurille vesitilavuuksille tarkoitetut maan pinnalla toteutettavat luonnonmukaiset rakenteet muodostuvat rakentamiskustannuksiltaan edullisemmiksi kuin voimakkaasti rakennetut rakenteet, kuten altaat ja kasettirakenteet. Luonnonmukaiset avoimet rakenteet ovat lisäksi elinkaareltaan pidempiä ja elinkaarikustannuksiltaan edullisempia kuin rakennetut rakenteet. (Ilmastonkestävä kaupunki 2014a, Ilmastonkestävä kaupunki 2014b) Rakennettuja rakenteita ei ole kustannussyistä järkevää toteuttaa suurille vesimäärille, eivätkä ne siten ole myöskään poikkeustilanteiden hallinnan kannalta tehokkain vaihtoehto (Suomen Kuntaliitto 2012). Vertailukohtana esimerkiksi kosteikot voivat tarjota lukuisia hyötyjä alhaisilla kustannuksilla. Soveltuville alueille sijoitettuna vähemmän rakentamista vaativat rakenteet eivät myöskään tuo merkittäviä kunnossapitokustannuksia (Wahlroos 2018).

Taulukko 1. Huleveden hallintarakenteiden rakentamiskustannukset niiden kapasiteettiin nähden (Ilmastonkestävä kaupunki 2013).

Rakenne	Kustannukset [€/m³]
Imeytyskaivanto	
pintavalunta	140
tasauskaivo	370
Huluvesikasettirakenne	300
Imeytyspainanne	190
rakennettu varastointi	190
tasauskaivo	370
Allas	640
Lammikko	80
Kosteikko	40

Rakenteiden toiminnallinen tila kuvaa niiden vaatiman kunnossapidon tarvetta. Tampereen kaupunki on arvioinut hulevesien hallintarakenteidensa toiminnallista tilaa ja siihen liittyen arvioinut kaupungin hulevesirakenteiden kunnossapitotarvetta lähivuosina. Tampereen kaupungin hulevesien hallintarakenteet on rakennettu vuosina 2007-2016 ja niiden toiminnallinen tila oli kartoitusta tehtäessä suurimmalta osin hyvä. Yleisimmät toimenpidetarpeet liittyivät tulo- ja purkureittien sekä ylivuotorakenteiden toiminnan turvaamiseen ja tähän läheisesti liittyvään kasvillisuuden kunnossapitoon. Toiminnallinen tila oli säilynyt parhaiten viivytyks/laskeutussaltaissa ja virtaamansäätörakenteissa. Sen sijaan laadullisen hallinnan rakenteet ja imeytysrakenteet olivat harvemmin hyvässä toiminnallisessa kunnossa. Kunnossapitotoimenpiteiden tarpeen arvioimisessa on otettu huomioon rakenteen lähiympäristö esimerkiksi kasvillisuuden niiton ja raivaamisen osalta. Osa rakenteista voidaan pitää lähiympäristön salliessa hyvinkin luonnontilaisena. (Heinonen 2017)

Toimivan hulevesijärjestelmän edellytys on, että se vastaa paikallisiin tarpeisiin kokonaisuutena. Tilanne, jossa kaikki yksittäiset hallintakeinot soveltuvat kaikkiin olosuhteisiin ja taloudellisiin rajoitteisiin parhaalla mahdollisella tavalla, on rakennetun ympäristön asettamissa rajoissa vaikea saavuttaa. Taulukosta 2

8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena on esittää Vaasassa paikallisissa olosuhteissa toimivia, perusteltuja hulevesien hallinnan käytännön esimerkkejä rakennettuun ympäristöön. Ehdotettujen ratkaisujen tavoitteena on edistää asetettuihin tavoitteisiin pääsemistä kustannustehokkaasti. Niiden avulla aikaan saatavan käytännön hyödyn hulevesiongelmien ratkaisemisessa ja ennaltaehkäisemisessä tulee olla merkittävää ympärivuotisesti. Työ keskittyy avoimiin huleveden hallintarakenteisiin. Työssä nostetaan esiin avoimien rakenteiden rooli osana yhtäältä laadukkaan kaupunkikuvan luomista ja toisaalta rakennetun ympäristön tarjoamaa virkistysarvoa. Työn lähtökohtina ovat Vaasan kaupungin teknisessä toimessa hyödynnetyt periaatteet ja laaditut selvitykset. Tämä edistää hulevesien hallinnan sovittamista osaksi laajempaa suunnittelukokonaisuutta. Hulevesien hallinnan lakiperustaisella ohjauksella on työssä kuntaorganisaation toimintaa voimakkaasti ohjaavana tekijänä merkittävä painoarvo.

Hulevesien hallinnan kehittämisessä korostuu kulloinkin ainutlaatuisen paikallisuuden merkitys. Suunnittelussa lähtökohtana tulee olla alueen maisemarakenne sekä siihen pohjautuvat luonnon prosessit. Erityisesti paikalliset vesiolosuhteet ja niiden huomioon ottaminen jo strategisesta suunnittelusta alkaen on avainasemassa. Työssä tuodaan esiin välttämättömyys hulevesiviemäriverkoston ja avoimien rakenteiden tehokkaammalle yhdistämiselle tulevaisuudessa. Lisäksi esitetään maankäyttö- ja rakennuslain tavoitteet kiteyttävä prioriteettijärjestys. Luvussa 7 käsitellään esimerkkiratkaisuja Vaasan kaupungin hulevesien hallinnan kehittämiseksi. Perustana niille ovat maankäytön suunnitteluprosessi sekä Vaasan kaupungin hulevesien hallinnan vaikutusalue, missä hulevesijärjestelmän toteuttaminen ja ylläpito on kaupungin vastuulla. Hulevesien hallintaan liittyy paljon suunnittelussa huomioitavia asioita ja toiminnallisia rajoitteita, joista tuodaan esiin työn tavoitteiden kannalta merkittävimmät.

Prioriteettijärjestyksen mukaisesti johtopäätöksenä esitetään hulevesien hallinnan ratkaisuja rakennetulta ympäristöltään erityyppisille alueille. Tarkasteltavia alueita

ovat tiivis keskusta, laajat kiinteistöt (kuten liike- ja teollisuuskiinteistöt) sekä kaupungin yleiset alueet. Kunkin aluetyypin osalta on arvioitu esitettyjen ratkaisujen vaikuttavuutta niin toteutetun rakennetyypin, toteutuspaikan kuin kokonaistaloudellisuudenkin näkökulmasta. Alueellisen hulevesien hallinnan suunnittelulla yhdessä kiinteistökohtaisia ratkaisuja koskevien asemakaavamääräyksien avulla voidaan saavuttaa riittävää vaikuttavuutta koko kaupungin mittakaavassa.

Kantavana teemana työssä on korostettu ennakoivaa ja monialaista suunnittelutyötä. Suunnittelun avulla pystytään ennakoimaan hulevesiriskialueiden muodostuminen sekä ehkäisemään niistä kaupunkiympäristössä aiheutuvia uhkia. Suunnittelun kohteeksi tulevat täydennys- ja uudisrakennusalueet tarjoavatkin jo lähtökohtaisesti aiempaa paremmat edellytykset hulevesien hallinnan toteuttamiselle. Avoimet rakenteet osana hulevesien hallinnan kokonaisuutta voivat osaltaan edistää kevennettyyn kunnallistekniikkaan tukeutumista sekä vähentää rakennettavien hulevesiviemäreiden määrää. Jo rakennetun, olemassa olevan ympäristön muuttaminen on erittäin vaikeaa, ellei jopa mahdotontakin. Joka tapauksessa havaittujen ongelmien suurisuuntainen korjaaminen jälkikäteen vaatii pitkän toteutusajan ja usein kallista toteutusta.

Hyvä keino kehittää hulevesien hallinnan suunnittelua aiempaa toimivampaan suuntaan, on edistää yhteistyötä kaupungin teknisen toimen eri hallintokuntien välillä. Tämä edistää hulevesien hallinnan eri vaiheiden huomioon ottamista jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tällöin suunnitelmista tulee toteuttamiskelpoisempia ja kaikkia toimijaosapuolia sitova jo suunnitteluvaiheessa.

Vaasan kaupungissa hulevesien hallinnan kehittäminen on hulevesiohjelman laatimisvaiheessa. Opinnäytetyössä esitetään tässä valmistelevassa vaiheessa suuntaviivoja hulevesien hallinnan konkreettisempien tavoitteiden ja toimintaperiaatteiden asettamiselle sekä toimien kohdentamiselle. Organisaatiotasolla ongelman ja ongelma-alueiden tunnistaminen sekä soveltuvien ratkaisujen tuntemus aikaisessa vaiheessa edistää resurssien tarkoituksenmukaista kohdentamista.

LÄHTEET

Ariluoma, M. 2012. Kaupunki ekosysteemipalvelujen tuottajana. Diplomityö. Viitattu 12.2.2018. https://issuu.com/mariariluoma/docs/diplomityo_mariariluoma

Ariluoma, M. 2018. Viherkerroin – työkalu tonttikohtaisen vihertehokkuuden määrittelyyn. Rakennusfoorumi 6.3.2018. Viitattu 28.3.2018. https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5oJ5FjlGF/xSPrdAbvn/MariAriluoma_Viherkerroin_060318.pdf

Atelier Dreiseitl. 2013. Copenhagen Strategic Flood Masterplan. Viitattu 30.3.2018. <http://www.landezine.com/index.php/2015/05/copenhagen-strategic-flood-masterplan-by-atelier-dreiseitl/>

Atelier Dreiseitl. Viitattu 22.2.2018. <https://land8.com/how-this-park-scored-three-economical-ecological-and-research-goals-at-once/>

Ekopiha.info. Viitattu 12.4.2018. http://www.ekopiha.info/ref_ekoluoto.htm

Elo, M. 2018. Hulevesien hallintarakenteet. Hulevesikouru, Västra hamnen, Malmö. Viitattu 19.3.2018. <http://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/hulevesien-hallintarakenteet/>

GHB Landskabsarkitekter. 2014. Taasinge square. Viitattu 3.5.2018. <https://ghb-landskab.dk/en/projects/taasinge-square>

Hakola, J. 2011. Hulevesien luonnonmukainen hallinta. Käytännön toimenpiteitä ja ratkaisuja. Opinnäytetyö. YH Novia Espoo. Viitattu 25.10.2017. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27752/Jaana_Hakola.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Halonen, M. 2016. Vettä pihallesi. Viitattu 12.4.2018. <http://www.terassilehti.fi/vetta-pihallesi/>

Havulinna, E. 2015. Savulahden hulevesisuunnitelma. FCG suunnittelu ja tekniikka Oy. Viitattu 21.11.2017. https://www.jyvaskyla.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/jyvaskyla/embeds/jyvaskylawwwstructure/90980_savulahti_hulevesisuunnitelma_raportti.pdf

Heinonen, P. 2017. Hulevesijärjestelmien hoito ja ylläpito: mitä tulee ottaa huomioon ja millaisia toimia tarvitaan? FCG:n hulevesipäivä 4.4.2017. Tornihotelli, Tampere. Viitattu 31.10.2017.

Helsingin kaupunki. 2018a. Helsingin viherkerroinmenetelmä - käyttöohje. Viitattu 18.4.2018. <https://www.hel.fi/static/rakvv/lomakkeet/viherkerroin-kayttoohje.pdf>

Helsingin kaupunki. 2018b. Viherkerroin laskentatyökalu. Viitattu 18.4.2018. <https://www.hel.fi/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/rakentaminen/ennakkotietoa-rakentamiseen/lomakkeet-ja-sahkoinen-asiointi/rakennusvalvonta-lomakkeet>

Helsingin kaupunki. 2018c. Helsingin kaupungin hulevesiohjelma. Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön julkaisuja 2018:3. Viitattu 12.4.2018.

Hyöty, P. 2008. Hulevesien hallinta Vuoreksen alueella. Hulevesifoorumi SYKE 21.10.2008. Viitattu 21.11.2018. <http://docplayer.fi/41776467-Hulevesien-hallinta-vuoreksen-alueella.html>

Ilmastonkestävä kaupunki. 2013. Hulevesirakenteiden kustannuksia työkalu. Viitattu 7.1.2018. <http://ilmastotyokalut.fi/raportit-ja-tyokalut/>

Ilmastonkestävä kaupunki. 2014a. Hulevesien hallintarakenteet ja niiden kunnossapito. Viitattu 17.4.2018. http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteet-ja-niiden-kunnossapito_ty%C3%B6kalu.pdf

Ilmastonkestävä kaupunki. 2014b. Hulevesien hallintarakenteen valinta työkalu. Viitattu 11.4.2018. http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/3.2.Hulevesien-hallintarakenteen-valinta_ty%C3%B6kalu.xlsx

Ilmastonkestävä kaupunki. 2014c. Hulevesien mitoitus tontilla työkalu. Viitattu 16.4.2018. http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/3.2.Hulevesien-mitoitus-tontilla_ty%C3%B6kalu.xls

Ilmasto-opas. 2016. Ilmastonmuutos sekoittaa Suomen vesipalettia. Viitattu 3.10.2017 <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/vaikutukset/-/artikkeli/a0596a76-eb8b-45e7-ab51-9bc6149f7312/ilmastonmuutos-sekoittaa-suomen-vesipalettia.html>

Ilmasto-opas. 2017. Ennustettu ilmastonmuutos Suomessa. Viitattu 3.10.2017 https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/suomen-muuttuva-ilmasto/-/artikkeli/74b167fc-384b-44ae-84aa-c585ec218b41/ennustettu-ilmastonmuutos-suomessa.html#ref_GRO16

Inha, L. 2010. Hulevesien hallinta rakennetuilla alueilla. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 4.4.2018. <https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/6631/inha.pdf?sequence=3>

Inkiläinen, E., Tiihonen, T. & Eitsi, E. 2014. Viherkerroinmenetelmän kehittäminen Helsingin kaupungille. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 08/2014. Viitattu 9.4.2018 http://ilmastotyokalut.fi/files/2014/07/Viherkerroin_julkaisu_ymk_0814.pdf

iWater. 2018. Costs and benefits of SuDS. Viitattu 20.4.2018. https://www.integratedstormwater.eu/sites/www.integratedstormwater.eu/files/toolsheet_cba.pdf

Jyväskylän kaupunki. 2014. Rakentamistapaohjeet – Mannisenmäki. Viitattu 3.5.2018. <http://docplayer.fi/59258522-Osallistumis-ja-arviointisuunnitelma.html>

Kangasalan kunta. 2014. Lamminrahkan osayleiskaava-alueen hulevesien hallinnan yleissuunnitelma. Viitattu 15.3.2018. http://m-kangasala-fi-bin.aldone.fi/@Bin/ba1fdc032cc0c19db0df09ff4fbc34d3/1524416497/application/pdf/3278860/16_Lamminrahka-hulevesiraportti_140204.pdf

Keskinen, M. 2011. Kohti kokonaisvaltaisempaa hulevesien hallintaa – mutta miten? Vesitalous 4/2011. Viitattu 6.2.2018. <http://vesitalous.mobie.fi/wp-content/uploads/2013/05/Vesitalous-4-2011-n%C3%A4ytt%C3%B6.pdf>

L 5.2.1999/132. Maankäyttö ja rakennuslaki. Viitattu 2.1.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

L 22.8.2014/681. Laki vesihuoltolain muuttamisesta. Viitattu 14.11.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140681>

L 22.8.2014/682. Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta. Viitattu 14.11.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140682>

Litmanen, O. 2011. Hulevesitulvariskien alustava arviointi Vaasassa. Opinnäytetyö. Vaasan ammattikorkeakoulu. Viitattu 14.3.2018. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34318/Litmanen_Olli.pdf.pdf?sequence=1

Loukkaanhuhta, U. 2001. Veden reittejä – Sadeveden kierron elvyttäminen Vaasan eteläisen kaupunkikeskustan alueella. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Viitattu 19.2.2018.

Lähde, E. Vauhtitien kosteikko. Viitattu 23.3.2018. <http://kaupunkitilaohje.hel.fi/kortti/hulevesien-hallintarakenteet/>

Maunula, M. 2010. Ilmastonmuutoksen vaikutukset hulevesien hallintaan. Hulevesifoorumi 15.4.2010. Suomen ympäristökeskus. <https://www.google.fi/search?q=Ilmastonmuutoksen+vaikutukset+hulevesien+hallintaan&aq=Ilmastonmuutoksen+vaikutukset+hulevesien+hallintaan&aqs=chrome..69i57.737j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8#>

Metsäntutkimuslaitos. 2014. Sulfaattimaat ovat Suomen suurin metallipäästöjen lähde. Viitattu 10.10.2017 <http://www.metla.fi/uutiskirje/mkl/2014-4/uutinen-3.htm>

Nyman, J. 2016. Vaasan kaupungin hulevesistrategian perusteet. Opinnäytetyö. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Viitattu 30.10.2017. http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/116931/Nyman_Jan.pdf?sequence=3

Omaha Stormwater. Omaha sewer maintenance facility. Viitattu 18.3.2018. <https://omahastormwater.org/ourprojects/omaha-sewer-maintenance-facility/>

Paikkatietoikkuna. 2018. Karttapalvelu. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/?lang=fi>

- Panu, J. 1998. Maisemarakenteen ja taajamarakenteen yhteensovittaminen. Ympäristöministeriö. Helsinki.
- Pehkonen, L. 2015. Green factor-työkalun kehittäminen vanhoille, täydennysrakennettaville asuinalueille—case Kaukovainio. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 28.1.2018.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/88788/Pehkonen_Leena.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pöyry Oyj. 2016. Keski-Pasilan hulevesiratkaisu, Helsinki. Viitattu 4.5.2018.
<http://www.poyry.fi/projektit/keski-pasilan-hulevesiratkaisu-helsinki>
- Raimovaara, E. 2017. Hulevesiohjelma: tapaus Forssan kaupunki. Opinnäytetyö. Hämeen ammattikorkeakoulu. Viitattu 6.2.2018.
http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/128377/RAKE15_ont_EijaRaimov_aara_theseus.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rieki, M. 2012. Leppävaara, Monikonpuro Sellon kohdalla. Viitattu 13.1.2018.
<https://www.espooli.fi/download/noname/%7B2729712E-144E-4B7E-A11B-6FD34F0E14E4%7D/92498>
- Rontu, K., Luukkonen, H. & Hurmeranta, U. 2015. Maankäyttö- ja rakennuslain sekä vesihuoltolain keskeiset muutokset. Kuntaliitto. Viitattu 2.10.2017.
https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/2MUISTIO_vesihuoltolaki_ja_MRL_vo10_05062015_lopullinen_em_0.pdf
- RTS 17:27. 2018. Hulevesirakenteet – lausuntoversio. Viitattu 2.3.2018.
https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5fIPeDhrH/EapGeFOfj/Hulevesirakenteet_-Taitto_.pdf
- Rättyä, H. 2015. Viikinojanpuisto. Viitattu 26.2.2018.
<http://www.vihreatsylit.fi/?p=1600>
- Salaojayhdistys. 2013. Hydrologian perusteet ja maan vesitalous. Viitattu 31.10.2017.
http://salaojayhdistys.fi/wp-content/uploads/2015/10/Kalvot_Hydrologian-perusteet-ja-maan-vesitalous_2013.ppt
- Sanaksenaho, V. 2015. Viherkertoimen käyttö Kivistössä. Vantaa. Viitattu 20.4.2018.
https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaa_wwwstructure/122722_kaupsu_Viherkertoimen_kaytto_Kivistossa.pdf
- Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. Helsinki. Viitattu 2.11.2017
- Suomen Kuntaliitto. 2017. Hulevesioppaan päivitetyt luvut lainsäädännön muutosten osalta. Vuoden 2012 Hulevesioppaan liite. Helsinki. Viitattu 14.11.2017.

Suomen ympäristö. 2015. Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus. Ympäristöministeriö. Helsinki. Viitattu 3.3.2018. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/154436>

Sirkiä, T. 2016. Vastuullista maataloutta. Viitattu 13.1.2018. <https://www.turku.fi/blogit/itameren-puolest/timo-sirkia-vastuullista-maataloutta>

Sito Oy. 2016. Myllypuro II asemakaavan hulevesien hallintasuunnitelma. Viitattu 18.3.2018. https://www.tampere.fi/ytoteto/aka/nahtavillaolevat/8189/selvitykset/8189_hulevesiselvitys.pdf

SMC, Stormwater Maintenance and Consulting, LLC. Viitattu 12.2.2018. <https://chesapeakestormwater.net/events/webcast-visual-indicators-filter-strips-grass-channels/>

Sänkiäho, L. & Sillanpää, N. 2012. STORMWATER-hankkeen loppuraportti - Taajamien hulevesihaasteiden ratkaisut ja liiketoimintamahdollisuudet. Aalto yliopisto. Viitattu 26.3.2018. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/3639>

Tajakka, H. 2015. Kosteikoilla monenlaista merkitystä viheralueverkostossa. Viherympäristö 2/2015. Viitattu 24.3.2018. http://www.helsinki.fi/taajamakeitaat/Nummela/Images/viherymparisto%202_15%20ss20-25.pdf

Tampereen kaupunki. 2012. Tampereen kantakaupungin hulevesiohjelma. Viitattu 24.2.2018. https://www.tampere.fi/liitteet/h/6Aw930Whg/Tampereen_hulevesiohjelma.pdf

Vaasan kaupunki. 2010. Vaasan yleiskaava 2030 selostus. Vaasan kaupunkisuunnittelu. Viitattu 22.2.2018. https://www.vaasa.fi/sites/default/files/vaasan_yleiskaava2030_selostus.pdf

Vaasan kaupunki. 2015. Vaasan keskustan osayleiskaava-alueen hulevesiselvitys. Kaavoitus. Viitattu 20.4.2018. https://www.vaasa.fi/kaavoitus/oyk_keskusta

Vaasan kaupunki. 2016a. Organisaatio. Vaasan kaupunki. Viitattu 15.11.2017. <https://www.vaasa.fi/kaupungin-organisaatio>

Vaasan kaupunki. 2016b. Energia- ja ilmasto-ohjelma: Energialla menestykseen. Viitattu 31.10.2017. https://www.vaasa.fi/sites/default/files/energia-_ja_ilmasto-ohjelma.pdf

Vaasan kaupunki. 2017a. Vaasan kaupungin tiedotuslehti, kaavoituskatsaus 2017. Viitattu 2.1.2018. https://issuu.com/graafigetpalvelut_vaasa/docs/tiedotuslehti_01_2017_kaavoitus_iss

Vaasan kaupunki. 2017b. Vaasan kaupungin hulevesiohjelman luonnos. Viitattu 12.11.2017.

Vaasan kaupunki. 2018. Vaasan keskustan hulevesitulva-alueet. Viitattu 15.4.2018.

Vaasan kaupunkisuunnittelu. 2008. Vaasan viheraluejärjestelmä 2030. Viitattu 10.1.2018.
<http://www.oulu.fi/liikunnanolosuhteet/kuvat/Vaasan%20viheraluejarjestelma%202030%20ehdotus.pdf>

Vakkilainen, P., Kotola, J. & Nurminen, J. 2005. Rakennetun ympäristön valumavedet ja niiden hallinta. Ympäristöministeriö. Viitattu 2.10.2017.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40647/SY_776.pdf?sequence=1

Vento, E. 2015. Hulevesien hallinta tiivistyvällä pientaloalueella. Viitattu 1.5.2018. <http://docplayer.fi/14149108-Hulevesien-hallinta-tiivistyvalla-pientaloalueella.html>

Wahlroos, O. 2018. Taajamakosteikkojen ja kasvillisuuden merkitys hulevesien hallinnassa. FCG hulevesipäivä 13.3.2018. Helsinki. Viitattu 15.3.2018.

Yli-Pelkonen, V. 2011. Kaupunkirakenteen tiivistyminen ja ekosysteemipalvelut. Teoksessa Näkökulmia kaupunkirakenteen tiivistymiseen Helsingin seudulla, 8–24. Espoo. Aalto-yliopisto. Viitattu 15.10.2017
<http://lib.tkk.fi/CROSSOVER/2011/isbn9789526043623.pdf>

Åkerman, M. 2016. Hulevesien hallinnan ohjauskeinojen ja toimintamallien kehittämisen mahdollisuudet – kohti kestäväää hulevesien hallintaa. Pro Gradututkielma. Tampereen yliopisto. Viitattu 13.4.2018.
<http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/98989/GRADU-1463487286.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

LIITE 1

KÄSITELUETTELO

Avoimet rakenteet

Hulevesiviemäröinnin rinnalle kehitetyt ratkaisut, joilla pyritään ehkäisemään hulevesien muodostumista, vähennetään huleveden määrää, käsitellään-, viivytetään- ja johdetaan hulevesiä.

Ekologinen sukkessio

Lajiston vähittäinen muuttuminen

Hulevesi

Maanpinnalle kerääntyvää sade- ja sulamisvettä, jonka muodostuminen johtuu läpäisemättömän pinnan veden virtausta nopeuttavasta ja toisaalta veden imeytymistä vähentävästä ominaisuudesta.

Hulevesien hallinta

Toimenpiteet, joilla hulevesiä imeytetään, viivytetään, johdetaan, viemäroidään ja käsitellään. Pitää sisällään rakenteiden elinkaaren suunnittelusta rakentamiseen ja kunnossapitoon.

Kaavoitus

Usealla mittakaavalla toteutettavaa maankäytön suunnittelua, jonka toimintaa maankäyttö- ja rakennuslaki ohjaa.

Kunnan hulevesijärjestelmä

Alueiden ja rakenteiden kokonaisuus, joilla hoidetaan kunnan vastuulla oleva hulevesien hallinta.

Kokonaisvaltainen hulevesien hallinta

Huleveden määrän suunnitelmallista vähentämistä, huleveden virtaaman tasaamista ja huleveden laadun parantamista. Huleveden hallinta ulotetaan kiinteistöille eli suositetaan paikallista hulevesien hallintaa.

Läpäisemätön pinta

Vettä imemätön ja läpäisemätön pinta, kuten katto tai asfaltti. Muodostaa hulevesiä ja nopeuttaa niiden valuntaa.

Vesitase

Sadannan, valunnan, haihdunnan sekä varastoituvan veden määrä valuma-alueella, jota ihminen toiminnallaan muuttaa.

Hajautettu järjestelmä

Hajautetusti valuma-alueelle sijoitetut huleveden hallintarakenteet, jotka edistävät huleveden hallinnan kokonaisuuden toimintavarmuutta.

Happamat sulfaattimaat

Litorinameren aikaan muodostuneet maakerrostumat, jonne kerrostunut kuollut orgaaninen aines, rikki, rauta ja bakteerit aiheuttavat pelto- ja metsäojitusten seurauksena reagoimisen ilman hapen kanssa ja muodostavat happamia valumavesiä.

Ilmastonmuutos

Maailmanlaajuinen kasvihuoneilmiön aiheuttama maapallon keskilämpötilan kasvu sekä sademäärien äärevöityminen.

Maisemarakenne

Maiseman äärialueista eli vedenjakajista ja veden kerääntymisalueista ja niiden väliin jäävistä rinteistä muodostuva kokonaisuus.

Valuma-alue

Maisemarakenteen mukaisesti vedenjakajien rajaama alue, jossa muodostuvat hulevedet valuvat samaan vesistöön.

Viheraluejärjestelmä

Arvokkaiden luontotyyppikokonaisuuksien ja tarvittavien toiminnallisten viheralueiden kokonaisuus, jonka tarkoituksena on turvata asukkaiden virkistystarpeet, luonnon monimuotoisuus ja maisemarakenteen elinvoima.

Vihertehokkuus

Maankäytön suunnittelun laskennallinen työkalu, jolla edistetään kaupunkitilaa luonnonmukaistavien elementtien määrän lisäämistä urbaanissa elinympäristössä.

Paikallinen hulevesien hallinta

Hulevesien hallintaa lähellä niiden muodostumispaikkaa.

Prioriteettijärjestys

Maankäyttö- ja rakennuslain mukainen hulevesien hallintaa ohjaava toimintamalli, joka arvottaa rakennetyyppejä perustuen siihen, kuinka tehokkaasti ne estävät tai vähentävät hulevesien aiheuttamia haitallisia vaikutuksia.

Tiivistyvä kaupunkirakenne

Asumistiheyden kasvattaminen asuinkeskuksissa täydennysrakentamisen avulla.

Rakennetut ratkaisut

Hulevesien hallinnan avoimet rakenteet, jotka edellyttävät erillisiä toimia ja materiaaleja maanmuokkaamisen ja kasvillisuuden lisäksi. Rakenne-esimerkkejä altaat ja kasettiratkaisut.

Hallittu hoitamattomuus

Esimerkiksi viheralueen vähäistä kunnossapitoa, joka vaatii vähän resursseja, eikä vähennä toteutuksen tai alueen virkistysarvoa.

Luonnonmukaiset avoimet rakenteet

Hulevesien hallinnan avoimet rakenteet, jotka voidaan toteuttaa maanmuokkaamisella ja kasvillisuuden istuttamisella. Rakenne-esimerkkejä kosteikot ja lammikot.

LIITE 2

